

RU 2157592

PUB DATE: 2000-10-10

APPLICANT: QUALCOMM INC [US

HAS ATTACHED HERETO CORRESPONDING ENGLISH LANGUAGE EQUIVALENT:

WO 9635268

PUB DATE: 1996-11-07

APPLICANT: QUALCOMM INC [US]



Espacenet

Bibliographic data: RU 2157592 (C2)

METHOD FOR RECEPTION AND SEARCH OF PACKET-SWITCHED SIGNAL

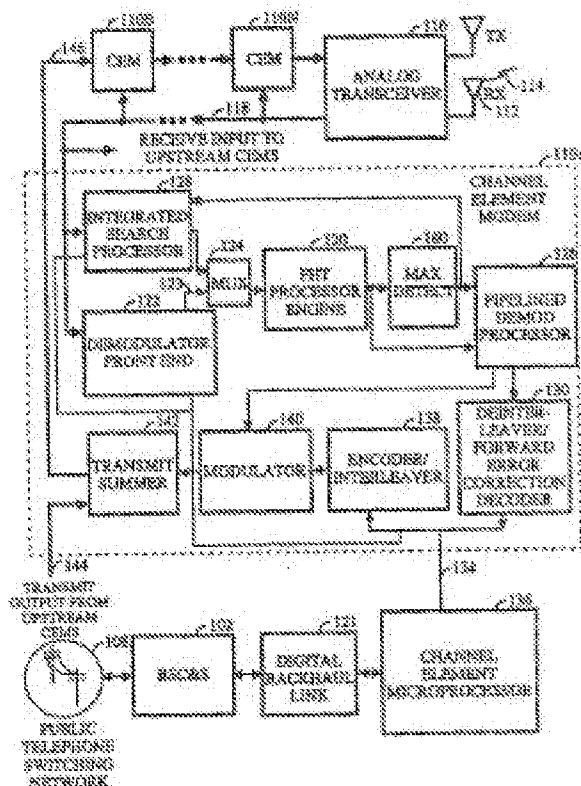
Publication date: 2000-10-10
Inventor(s): NOAM A ZIV [US]; ROBERTO PADOVANI [US]; DZHEFFRI A LEVIN [US]; KENNET D ISTON [US] ±
Applicant(s): QUALCOMM INC [US] ±
Classification:
- international: H04B1/707; H04B7/26; (IPC1-7): H04B7/26
- European: H04B1/707; H04B1/7075A1; H04B1/7075G
Application number: RU19970120123 19960502
Priority number(s): US19950436029 19950505

Also published as:

- WO 9635268 (A1)
- ZA 9603168 (A)
- MX 9708514 (A)
- JP 11505083 (T)
- IL 118116 (A)
- more

Abstract of RU 2157592 (C2)

communication equipment. SUBSTANCE: integral search processor, which is used in modern of extended spectrum communication system, provides buffering of samples of received signals in buffer and uses conversion processor, which uses time sampling and operates in sequential steps with respect to buffer. Search processor achieves step-by-step autonomous search, which is configured by microprocessor, which defines set of search parameters, including group of antennas for search, initial shift and search window width, as well as number of Walsh characters for accumulation of results for each shift. Search processor calculates correlation power for each shift and produces final list of best possible signal spreading tracks, which are detected upon search, in order to use them for extension of demodulation elements. Search is linear and independent from probability of the fact that target signal was sent in any arbitrary time moment. EFFECT: increased functional capabilities. 2 cl, 15 dwg





(19) **RU** (11) **2 157 592** (13) **C2**
(51) МПК⁷ **H 04 B 7/26**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

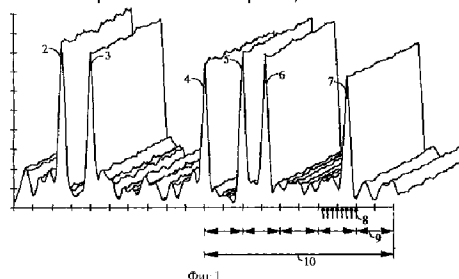
(21), (22) Заявка: 97120123/09, 02.05.1996
(24) Дата начала действия патента: 02.05.1996
(30) Приоритет: 05.05.1995 US 436,029
(46) Дата публикации: 10.10.2000
(56) Ссылки: US 4901307 A, 13.02.1990. SU 1411985 A1, 23.07.1988. WO 95/01018 A, 05.01.1995. GB 2278983 A, 14.12.1994.
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 05.12.1997
(86) Заявка РСТ: US 96/07567 (02.05.1996)
(87) Публикация РСТ: WO 96/35268 (07.11.1996)
(98) Адрес для переписки: 129010, Москва, ул. Большая Спасская 25, стр.3, ООО "Городиский и Партнеры", Емельянову Е.И.

(71) Заявитель: КВЭЛКОММ ИНКОРПОРЕЙТЕД (US)
(72) Изобретатель: Ноам А.ЗИВ (US), Роберто ПАДОВАНИ (US), Джеффри А.ЛЕВИН (US), Кеннет Д.ИСТОН (US)
(73) Патентообладатель: КВЭЛКОММ ИНКОРПОРЕЙТЕД (US)

(54) СПОСОБ ПРИЕМА И ПОИСКА СИГНАЛА, ПЕРЕДАВАЕМОГО ПАКЕТАМИ

(57) Интегральный поисковый процессор, используемый в модеме для системы связи с расширенным спектром, буферизирует в буфере выборки принимаемых сигналов и использует процессор преобразования с квантованием времени, работающий с последовательными сдвигами по отношению к буферу. Поисковый процессор осуществляет пошаговый автономный поиск, конфигурируемый микропроцессором, в котором определен набор параметров поиска, который может включать группу антенн для поиска, начальный сдвиг и ширину поискового окна для проведения поиска и количество символов Уолша для накопления результатов на каждом сдвиге. Поисковый процессор вычисляет энергию корреляции на каждом сдвиге и представляет итоговый список

наилучших трасс распространения сигналов, обнаруженных в процессе поиска, для использования их при расширении элементов демодуляции, что является техническим результатом. Поиск выполняется линейным образом независимо от вероятности того, что искомый сигнал передавался в любой данный момент времени. 2 с.п. ф-лы, 15 ил.





(19) **RU** (11) **2 157 592** (13) **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **H 04 B 7/26**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 97120123/09, 02.05.1996
(24) Effective date for property rights: 02.05.1996
(30) Priority: 05.05.1995 US 436,029
(46) Date of publication: 10.10.2000
(85) Commencement of national phase: 05.12.1997
(86) PCT application:
US 96/07567 (02.05.1996)
(87) PCT publication:
WO 96/35268 (07.11.1996)
(98) Mail address:
129010, Moskva, ul. Bol'shaja Spasskaja 25,
str.3, OOO "Gorodisskij i Partnery",
Emel'janovu E.I.

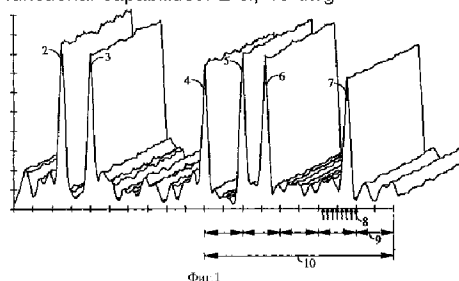
(71) Applicant:
KVEhLKOMM INKORPOREJTED (US)
(72) Inventor: Noam A.ZIV (US),
Roberto PADOVANI (US), Dzheffri A.LEVIN
(US), Kennet D.ISTON (US)
(73) Proprietor:
KVEhLKOMM INKORPOREJTED (US)

(54) **METHOD FOR RECEPTION AND SEARCH OF PACKET- SWITCHED SIGNAL**

(57) Abstract:

FIELD: communication equipment.
SUBSTANCE: integral search processor, which is used in modem of extended spectrum communication system, provides buffering of samples of received signals in buffer and uses conversion processor, which uses time sampling and operates in sequential steps with respect to buffer. Search processor achieves step-by-step autonomous search, which is configured by microprocessor, which defines set of search parameters, including group of antennas for search, initial shift and search window width, as well as number of Walsh characters for accumulation of results for each shift. Search processor calculates correlation power for each shift and produces final list of best possible

signal spreading tracks, which are detected upon search, in order to use them for extension of demodulation elements. Search is linear and independent from probability of the fact that target signal was sent in any arbitrary time moment. EFFECT: increased functional capabilities. 2 cl, 15 dwg



RU 2 157 592 C2

RU 2 157 592 C2

Область техники

Настоящее изобретение относится к системам связи с расширенным спектром, более конкретно к обработке сигнала в сотовой телефонной системе связи.

Описание известного уровня техники

В радиотелефонных системах связи, таких как сотовые телефонные системы, системы персональной связи, и локальные замкнутые системы радиосвязи, многие пользователи осуществляют связь по радиоканалу для подсоединения к проводным телефонным системам. Связь по радиоканалу может быть одним из множества методов множественного доступа, обеспечивающих возможность большому числу абонентов использовать ограниченный частотный спектр. Эти методы множественного доступа включают множественный доступ с временным разделением /МДВР/ каналов, множественный доступ с частотным разделением /МДЧР/ и множественный доступ с кодовым разделением /МДКР/. Метод МДКР имеет множество преимуществ, причем типовая система с МДКР раскрыта в Патенте США N 4901307, от 13 февраля 1990 на "Систему связи множественного доступа с расширенным спектром, использующую спутниковые или наземные ретрансляторы", переуступленном правопреемнику настоящего изобретения.

В упомянутом патенте раскрыт способ множественного доступа, в котором большое количество мобильных пользователей телефонной системы, каждый из которых имеет приемопередатчик, осуществляют связь через спутниковые ретрансляторы или наземные базовые станции с использованием сигналов связи в режиме МДКР с расширенным спектром. При осуществлении связи в режиме МДКР частотный спектр может использоваться многократно, что позволяет увеличить пропускную способность системы для пользователей.

Способы модуляции МДКР, раскрытые в Патенте США N 4901307, имеют множество преимуществ по сравнению со способами узкополосной модуляции, применяемыми в системах связи, использующих спутниковые и наземные каналы. В наземных каналах возникают специфические требования к системе связи, в частности, по отношению к многолучевым сигналам. Применение способов МДКР позволяет решить специфические проблемы, связанные с использованием наземного канала, путем преодоления отрицательного влияния многолучевого распространения, например, замирания, не теряя в то же время их преимуществ.

Способ МДКР, раскрытый в Патенте США N 4901307, предусматривает использование когерентной модуляции и демодуляции для обоих направлений линии связи при осуществлении связи между удаленным устройством радиосвязи и спутником. В нем соответственно раскрывается использование несущего пилот-сигнала в качестве когерентного фазового опорного сигнала для линии связи "спутник-удаленное устройство радиосвязи" и линии связи "базовая станция-удаленное устройство радиосвязи". Однако в наземном оборудовании сотовой связи наличие весьма сильного многолучевого затухания, приводящего к

искажению фазы каналом, а также уровень мощности, необходимый для передачи несущего пилот-сигнала от удаленного устройства радиосвязи, затрудняет использование способа когерентной модуляции для линии связи "удаленное устройство радиосвязи-базовая станция". В Патенте США N 5103549 на "Систему и способ формирования сигналов в сотовой телефонной системе МДКР" от 25 июня 1990 года, переуступленном правопреемнику настоящего изобретения, предлагается средство для преодоления отрицательного влияния многолучевого распространения в канале связи "удаленное устройство радиосвязи-базовая станция" с использованием способов некогерентной модуляции и демодуляции.

В сотовой телефонной системе с МДКР одна и та же полоса частот может быть использована для связи со всеми базовыми станциями. В приемнике базовой станции разделяемые сигналы многолучевого распространения, например, поступающие по трассе от абонентского пункта и по другой трассе после отражения от здания, могут быть объединены при обработке с разнесением для улучшения характеристик модема. Свойства сигналов МДКР, обеспечивающие выигрыш при обработке, также используются для различения сигналов, занимающих один и тот же частотный диапазон. Кроме того высокоскоростная псевдодушумовая модуляция всегда обеспечивает возможность разделения различных трасс распространения одного и того же сигнала, при условии, если разница в задержках по трассам распространения превышает длительность элемента псевдодушумового кода. Если в системе с МДКР используется частота следования элементов псевдодушумового кода порядка 1 МГц, то выигрыш при обработке сигнала расширенного спектра, равный отношению расширенной полосы к частоте данных в системе, может быть получен для всех трасс распространения, имеющих задержки, отличающиеся более чем на одну микросекунду. Разница в задержках на трассе распространения в одну микросекунду соответствует разнице в расстояниях примерно 300 метров. Обычно городская среда обеспечивает разность задержек по трассам распространения сигналов, превышающую одну микросекунду.

Свойства наземного канала, связанные с многолучевым распространением, приводят к тому, что в приемник сигналы приходят по нескольким различным трассам распространения. Одной из характеристик канала с многолучевым распространением является разброс по времени, возникающий в сигнале, передаваемом через такой канал. Например, если по каналу с многолучевым распространением передается идеальный импульс, то принимаемый сигнал появляется в виде последовательности импульсов. Другой характерной особенностью канала с многолучевым распространением является то, что каждая трасса распространения сигнала может давать разный коэффициент затухания. Например, если по каналу с многолучевым распространением передается идеальный импульс, то каждый импульс принимаемой импульсной

последовательности обычно имеет уровень, отличный от уровня других принимаемых импульсов. Еще одной характерной особенностью канала с многолучевым распространением является то, что каждая трасса распространения дает разную фазу сигнала. Например, если по каналу с многолучевым распространением передается идеальный импульс, то каждый импульс принимаемой последовательности обычно имеет фазу, отличающуюся от фазы других принимаемых импульсов.

При передаче по радиоканалу многолучевое распространение возникает благодаря отражению сигнала от препятствий, образуемых зданиями, деревьями, автомобилями и людьми. В общем случае радиоканал представляет собой нестационарный канал с многолучевым распространением из-за относительного перемещения объектов, создающих многолучевое распространение. Например, если по нестационарному каналу с многолучевым распространением передается идеальный импульс, то в принимаемой последовательности импульсов будет изменяться его положение во времени, затухание и фаза в функции времени передачи идеального импульса.

Многолучевое распространение может вызвать замирание сигнала в канале. Замирание является результатом характеристик фазирования канала с многолучевым распространением. Замирание появляется, когда векторы множества лучей суммируются неблагоприятным образом, образуя в результате принимаемый сигнал, меньший, чем любой отдельно взятый вектор. Например, если по каналу с многолучевым распространением передается гармонический сигнал, характеризующийся двумя трассами распространения, причем первая трасса имеет коэффициент ослабления X дБ, время задержки σ с фазовым сдвигом θ радиан, а вторая трасса имеет коэффициент ослабления X дБ, время задержки $\theta + \pi$ с фазовым сдвигом σ радиан, то на выходе канала принятый сигнал будет отсутствовать.

В системах узкополосной модуляции, таких как аналоговая частотная модуляция, используемая в известных радиотелефонных системах, наличие многолучевого распространения в радиоканале приводит к существенному многолучевому замиранию. Однако, как было отмечено выше в случае широкополосной системы МДКР, в процессе демодуляции могут быть выделены разные трассы распространения. Такое разделение не только значительно уменьшает отрицательное воздействие замирания, но и дает преимущества, связанные с использованием системы МДКР.

Разнесение - один из способов уменьшения отрицательных влияний замирания. Следовательно, желательно обеспечить некоторую форму разнесения, что позволит уменьшить замирание в системе. Существуют три основных вида разнесения: временное разнесение, частотное разнесение и пространственное разнесение или разнесение по трассе распространения.

Временное разнесение обеспечивается с использованием повторения временного перемежения и кодирования с обнаружением и исправлением ошибок, которое вводит

избыточность. В системе, использующей настоящее изобретение, можно применять любой из этих способов в качестве формы временного разнесения.

МДКР с присущей данному методу широкополосностью обеспечивает некоторую форму частотного разнесения путем распределения энергии сигнала в широкой полосе рабочих частот. Поэтому частотно-избирательное замирание проявляется только на небольшой части полосы рабочих частот сигнала МДКР.

Пространственное разнесение и разнесение по трассе распространения обеспечивается посредством подачи сигнала с многолучевым распространением одновременно по нескольким линиям связи от удаленного устройства радиосвязи через две или более базовые станции и путем использования двух или более пространственно разнесенных антенных элементов на одной базовой станции. Кроме того разнесение по трассам распространения может быть получено путем использования среды многолучевого распространения посредством обработки расширенного спектра, что позволяет осуществлять прием и отдельную обработку сигнала, поступающего с различными задержками распространения, как было описано выше. Примеры разнесения по трассам распространения приведены в Патенте США N 5101501 на "Программируемое переключение связи в сотовой телефонной системе МДКР" от 21 марта 1992 года и Патенте США N 5109390 на "Приемник разнесенного приема в сотовой телефонной системе МДКР" от 8 октября 1991, переуступленных правопреемнику настоящего изобретения.

Отрицательное влияние замирания может быть до некоторой степени скомпенсировано в системе с МДКР посредством регулирования мощности передатчика. Система для управления мощностью базовой станции и удаленного модуля раскрыта в Патенте США N 5056109 на "Способ и устройство для управления передаваемой мощностью в сотовой мобильной телефонной системе МДКР" от 8 октября 1991 года, переуступленном правопреемнику настоящего изобретения.

Способ МДКР, раскрытый в Патенте США N 4901307, предусматривает использование относительно длинных псевдошумовых последовательностей /ПШП/, причем пользователю каждого удаленного устройства радиосвязи выделяется своя, отличная от других ПШП. Взаимная корреляция между различными ПШП и автокорреляция ПШП для всех временных сдвигов, отличных от нуля, имеют среднее значение, близкое к нулю, что позволяет различать сигналы различных пользователей при приеме. (Для получения нулевого среднего значения для автокорреляции и взаимной корреляции, требуется, чтобы логический "0" принял значение "1", а логическая "1" приняла значение "-1" или на исходное отображение логических уровней).

Однако такие псевдошумовые сигналы не ортогональны. Хотя взаимная корреляция по существу имеет нулевое среднее значение на всей длине последовательности, однако в течение короткого временного интервала, такого как время информационного бита,

взаимная корреляция является случайной переменной с биномиальным распределением. При этом сигналы взаимодействуют друг с другом в основном таким же образом, как если бы они представляли собой широкополосный шум с гауссовым распределением с той же самой спектральной плотностью мощности. Таким образом, сигналы других пользователей или шум от взаимных помех в конечном счете ограничивают достигаемую пропускную способность.

Специалистам хорошо известно, что можно сформировать набор из n ортогональных двоичных последовательностей, каждая длиной n , для n , являющегося любой степенью 2 (см. Digital Communications with Space Applications, S.W. Golomb et al., Prentice-Hall, Inc., p.45-64). В принципе также известны наборы ортогональных бинарных последовательностей для большинства длин, которые кратны четырем и меньше двухсот. Один класс таких последовательностей, которые легко генерировать, называется функцией Уолша, известной так же, как матрица Адамара.

Функция Уолша n -го порядка может быть определена рекурсивно следующим образом:

$$W(n) = \begin{bmatrix} W(n/2), W(n/2) \\ W(n/2), W'(n/2) \end{bmatrix}$$

где W' обозначает логическое дополнение W , а $W(1) = |0|$.

Таким образом,

$$W(2) = \begin{bmatrix} 0, 0 \\ 0, 1 \end{bmatrix}$$

$$W(4) = \begin{bmatrix} 0, 0, 0, 0 \\ 0, 1, 0, 1 \\ 0, 0, 1, 1 \\ 0, 1, 1, 0 \end{bmatrix}$$

и

$$W(8) = \begin{bmatrix} 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 \\ 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1 \\ 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1 \\ 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0 \\ 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1 \\ 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1 \\ 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0 \\ 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1 \end{bmatrix}$$

Одной из строк матрицы функции Уолша является символ, последовательность или код Уолша. Матрица функции Уолша n -го порядка содержит n последовательностей, каждая из которых имеет длину n элементов Уолша. Каждый код Уолша имеет соответствующий индекс Уолша, где индекс Уолша относится к числу /от 1 до n /, соответствующему строке, в которой находится код Уолша. Например, для приведенной выше матрицы функции Уолша с $n=8$ все нулевые строки соответствуют индексу Уолша 1, а код Уолша 0,0,0,0,1,1,1,1, соответствует индексу Уолша 5.

Матрица функции Уолша n -го порядка (а также все другие ортогональные функции длиной n) обладают свойством, состоящим в том, что на интервале n бит взаимная корреляция между всеми несхожими последовательностями внутри набора равна нулю. Это вытекает из того, что каждая

последовательность отличается от любой другой последовательности ровно половиной своих бит. Следует также отметить, что всегда существует одна последовательность, содержащая все нули, и что все другие последовательности содержат половину единиц и половину нулей. Символ Уолша, который состоит из всех логических нулей вместо половины из нулей и половины из единиц, называется нулевым символом Уолша.

В канале обратной линии связи от удаленного устройства радиосвязи к базовой станции отсутствует пилот-сигнал, обеспечивающий привязку по фазе. Таким образом, имеется необходимость в способе, обеспечивающем высококачественную связь по каналу с замиранием, имеющему низкое отношение E_b/N_0 отношение энергии на один бит к плотности мощности шума/. Модуляция функции Уолша в обратной линии связи является простым способом получения 64-ричной модуляции с когерентностью для набора из шести кодовых символов, отображенных в 64 кода Уолша. Характеристики наземного канала таковы, что частота изменения фазы относительно низка. Следовательно, путем выбора длины кода Уолша, короткого по сравнению с частотой изменения фазы в канале, возможна когерентная демодуляция на длине одного кода Уолша.

В канале обратной линии связи код Уолша определяется информацией, передаваемой из удаленного устройства радиосвязи. Например, трехбитовый информационный символ может быть отображен в приведенные выше восемь последовательностей $W(8)$. "Обратное отображение" закодированных символов Уолша в оценку исходных информационных символов может быть выполнено в приемнике с помощью быстрого преобразования Адамара /БПА/. Предпочтительное "обратное отображение", или процесс селекции, дает "мягкое" /программируемое/ решение, которое может быть передано в декодер для декодирования по критерию максимального правдоподобия.

Процедура БПА используется для выполнения процесса "обратного отображения". Процедура БПА коррелирует принятую последовательность с каждой из возможных последовательностей Уолша. Для выбора наиболее вероятного значения корреляции, которое масштабируется и принимается в качестве "мягкого" решения, используется схема селекции.

Приемник сигнала с расширенным спектром с разнесенным приемом или многоканальный приемник /"rake" - приемник/ содержит множество приемников данных для смягчения эффекта замирания. Обычно каждый приемник данных предназначен для демодулирования сигнала, пришедшего по своей, отличной от других трассе распространения, либо с использованием многоэлементных антенн, либо с использованием свойств многолучевого распространения канала. При демодуляции сигналов, модулированных в соответствии со схемой передачи ортогональных сигналов, каждый приемник данных коррелирует принимаемый сигнал с каждым из возможных значений отображения, используя процедуру БПА, БПА каждого приемника данных

объединяются, и затем схема селекции выбирает наиболее вероятное значение корреляции, основываясь на максимальном объединенном выходном сигнале БПА для получения демодулированного символа "мягкого" решения.

В системе, описанной в Патенте США N 5103459, сигнал вызова начинается в виде источника информации 9600 бит в секунду, который затем преобразуется кодером прямого исправления ошибок со скоростью $1/3$ в выходной поток 28800 символов в секунду. Эти символы группируются по 6 для образования 4800 символов Уолша в секунду, причем каждый символ Уолша отбирает одну из шестидесяти четырех ортогональных функций Уолша длительностью по шестьдесят четыре элемента Уолша. Элементы Уолша модулируются с помощью генератора псевдослучайной последовательности, специфической для каждого пользователя. Затем данные, модулированные выделенной для каждого пользователя специфической псевдослучайной последовательностью, расщепляются на два сигнала, один из которых модулируется с помощью ПСП синфазного (I) канала, а другой модулируется с помощью ПСП квадратурного (Q) канала. Как I-канальная, так и Q-канальная модуляция дает четыре псевдослучайных элемента на один элемент Уолша с частотой псевдослучайного кода расширения спектра 1.2288 МГц. I- и Q-модулированные данные представляют собой квадратурную фазовую модуляцию со сдвигом, объединенную для передачи.

В сотовой системе МДКР, описанной в вышеупомянутом Патенте США N 4901307, каждая базовая станция обеспечивает в ограниченной территориальной зоне и связывает удаленные устройства радиосвязи в зоне обслуживания с помощью коммутатора сотовой системы с коммутируемой телефонной сетью общего пользования. Когда удаленное устройство радиосвязи приближается к зоне обслуживания другой базовой станции, маршрутизация вызова этого пользователя передается новой базовой станции. Канал передачи сигнала от базовой станции к удаленному устройству радиосвязи называется прямой линией связи, а канал передачи сигнала от удаленного устройства радиосвязи на базовую станцию называется обратной линией связи.

Как было описано выше, интервал элемента псевдослучайного кода определяет минимальное разнесение, которое должны иметь две трассы распространения, чтобы их можно было объединить. Прежде чем демодулировать разные трассы распространения сигналов, необходимо сначала определить относительные времена прихода /или сдвиги/ сигналов для разных трасс распространения в принимаемом сигнале. Модем канального элемента выполняет эту функцию посредством "поиска" в последовательности возможных сдвигов для трасс распространения и изменения энергии, принимаемой при каждом таком возможном сдвиге. Если энергия, связанная с возможным сдвигом, превышает некоторый порог, то такому сдвигу может быть присвоен элемент демодуляции сигнала. Затем сигнал, соответствующий этому сдвигу для трасс расширения, может быть просуммирован с

составляющими от других элементов демодуляции для соответствующих сдвигов. Способ и устройство определения элементов демодуляции на основе оценки уровней энергии элементов демодуляции поисковой системы раскрыты в заявке на Патент США N 08/144902 от 28 октября 1993 года, переуступленной правопреемнику настоящего изобретения. Такой приемник с разнесением, или многоканальный /RAKE/ приемник, обеспечивает надежную цифровую связь, поскольку замирание должно иметь место для всех трасс одновременно, чтобы параметры суммарного сигнала ухудшились.

На фиг. 1 в качестве примера показан набор сигналов, поступающих на базовую станцию от одного удаленного устройства радиосвязи. Вертикальная ось представляет мощность в децибелах (дБ). На горизонтальной оси указана задержка времени прихода сигнала вследствие задержек многолучевого распространения. Ось, перпендикулярная плоскости страницы (не показана), представляет сегмент времени. Каждый пик сигнала в плоскости страницы соответствует одному и тому же моменту времени, хотя передача осуществлялась удаленным устройством радиосвязи в разные моменты времени. На общей плоскости пики, лежащие правее, соответствуют сигналу, переданному удаленным устройством радиосвязи раньше, чем сигналы, соответствующие пикам, лежащим левее. Например, самый левый пик 2 соответствует самому последнему переданному сигналу. Каждый пик сигнала 2-7 соответствует прохождению по разной трассе и, следовательно, имеет разное время задержки и разную амплитудную характеристику. Шесть различных сигнальных пиков, показанных в виде пиков 2-7, характеризуют собой среду с существенным многолучевым распространением. Обычная городская среда дает меньше пригодных для использования трасс распространения. Уровень собственных шумов системы представлен пиками и провалами, имеющими более низкие уровни энергии. Задачей поискового элемента является определение задержки, измеряемой по горизонтальной оси сигнальных пиков 2-7 для распределения потенциальных элементов демодуляции. Задачей элемента демодуляции является демодуляция набора пиков многолучевого распространения для суммирования их в единый выходной сигнал. Также задачей элементов демодуляции, распределенных по пикам многолучевого распространения, является слежение за пиком, так как он может сдвигаться во времени.

Также можно считать, что по горизонтальной оси отложены единицы сдвига элементов псевдослучайного сигнала. В любой данный момент базовая станция принимает множество разных сигналов от одного удаленного устройства радиосвязи, каждый из которых распространялся по своей трассе и может иметь отличную от других задержку. Сигнал от удаленного устройства радиосвязи модулируется с помощью ПСП. Также на базовой станции генерируется копия ПСП. Каждый сигнал многолучевого распространения демодулируется на базовой станции отдельно с помощью кода ПСП, синхронизированного индивидуально. Можно

считать, что координаты горизонтальной оси соответствуют сдвигу кода ПСП, который будет использован для демодуляции сигнала с этой координатой.

Заметим, что каждый пик многолучевого распространения изменяется по амплитуде в функции времени, как это показано в виде неровного гребня каждого пика многолучевого распространения. На показанном ограниченном временном отрезке нет больших изменений в пиках многолучевого распространения. В более широком временном диапазоне пики многолучевого распространения исчезают и со временем создаются новые траектории. Пики также могут смещаться в сторону более ранних или более поздних сдвигов в результате изменения длины траектории при движении удаленного устройства радиосвязи в зоне действия базовой станции. Каждый элемент демодуляции отслеживает наибольшие изменения выделенного ему сигнала. Задачей процесса поиска является формирование описания текущей среды многолучевого распространения, воспринимаемой базовой станцией.

В обычной радиотелефонной системе связи в передатчике удаленного устройства радиосвязи может быть использована система вокодирования, которая кодирует речевую информацию в формате переменной скорости. Например, скорость передачи данных может снижаться из-за пауз в речи. Пониженная скорость передачи данных уменьшает уровень перекрестных помех для других пользователей, вызываемых передачей от удаленных устройств радиосвязи. В приемнике или в каком-то ином устройстве, связанном с приемником, используется система вокодирования для восстановления речевой информации. Вдобавок к речевой информации удаленным модулем может передаваться либо только неречевая информация, либо их сочетание.

Вокодер, подходящий для использования в такой среде, описывается в совместно поданной заявке на Патент США N 08/363170 на "Вокодер переменной скорости" от 23 декабря 1994 года, переуступленной правопреемнику настоящего изобретения. Этот вокодер из цифровых выборок речевой информации создает кодированные данные с четырьмя различными скоростями, например, примерно 8000 бит/с, 4000 бит/с, 2000 бит/с и 1000 бит/с на основе речевой активности в течение цикла длиной 20 мс. Каждый блок данных вокодера форматируется с использованием вспомогательных битов в виде кадров данных со скоростями 9600 бит/с, 4800 бит/с, 2400 бит/с и 1200 бит/с. Кадр данных максимальной скорости 9600 бит/с называется кадром полной скорости; кадр данных со скоростью 4800 бит/с называется кадром половинной скорости; кадр данных со скоростью 2400 бит/с называется кадром одной четвертой скорости и кадр данных со скоростью 1200 бит/с называется кадром одной восьмой скорости. Ни в процессе кодирования, ни в процессе форматирования кадров информация о скорости не включается в данные. Если удаленное устройство радиосвязи передает данные со скоростью, меньшей, чем полная скорость, то рабочий цикл сигнала, передаваемого удаленными устройствами радиосвязи, будет такой же, как

скорость передачи данных. Например, сигнал с одной четвертой скорости от удаленного устройства радиосвязи передается только одну четвертую часть времени.

Удаленное устройство радиосвязи включает в себя рандомизатор пакетов данных. Рандомизатор пакетов данных определяет, в течение каких интервалов времени удаленное устройство радиосвязи ведет передачу и в течение каких интервалов времени он не ведет передачу при условии заданной скорости передачи данных, конкретный идентификационный номер удаленного устройства радиосвязи и время суток. При работе со скоростью, меньшей полной скорости, рандомизатор пакетов данных в составе удаленного устройства радиосвязи распределяет псевдослучайным образом интервалы активного времени внутри пакета передачи. Соответствующий рандомизатор пакетов данных включается также и в состав базовой станции, так что базовая станция может воссоздать псевдослучайное распределение на основе времени суток и конкретного идентификационного номера удаленного устройства радиосвязи, но базовая станция не знает априори скорость передачи данных передаваемого сигнала.

Интервалы времени при одной восьмой скорости определяют так называемую "учитываемую" группу временных интервалов. Удаленное устройство радиосвязи, работающее с одной четвертой скорости, ведет передачу в течение временных интервалов "учитываемой" группы и еще одного набора распределенных псевдослучайным образом выбранных интервалов. Удаленное устройство радиосвязи, работающее с половинной скоростью, ведет передачу во время временных интервалов одной четвертой скорости и другого набора распределенных псевдослучайным образом интервалов. Удаленное устройство радиосвязи, работающее с полной скоростью, ведет передачу непрерывно. Таким путем, независимо от скорости передачи данных передаваемого сигнала, каждый временной интервал, соответствующий "учитываемой" группе, однозначно определяет интервал времени, когда соответствующее удаленное устройство радиосвязи передает сигнал. Дополнительные подробности, касающиеся рандомизатора пакета данных, описываются в совместно поданной заявке на Патент США N 08/291647 на "Рандомизатор пакетов данных" от 16 августа 1994 года, переуступленной правопреемнику настоящего изобретения.

Чтобы сэкономить системные ресурсы для активных данных при передаче речи, удаленное устройство радиосвязи не передает информацию о скорости передачи данных для каждого блока данных. Следовательно, приемник должен определить скорость, при которой данные кодировались и передавались на основе передаваемого сигнала, так чтобы вокодер, связанный с приемником, мог правильно восстановить речевую информацию. Способ определения скорости, при которой кодировались пакетные данные, без получения информации о скорости от приемника, раскрываются в совместно поданной заявке на патент США N 08/233570 на "Способ и устройство для

определения скорости передачи данных с переменной скоростью в приемнике системы связи" от 26 апреля 1994 года, переуступленной правопреемнику настоящего изобретения. Способ определения скорости данных, раскрытый в вышеупомянутой заявке, реализуется после того, как был принят и демодулирован сигнал, вследствие чего информация о скорости процесса поиска отсутствует.

На базовой станции из ансамбля принимаемых сигналов вызовов должен быть идентифицирован каждый отдельный сигнал удаленного устройства радиосвязи. Система и способ демодуляции сигнала удаленного устройства радиосвязи, принимаемого на базовой станции, описаны, например, в Патенте США N 5103459. На фиг. 2 показана блок-схема оборудования базовой станции, описанного в Патенте США N 5103459, для демодуляции сигнала удаленного устройства радиосвязи, передаваемого по обратной линии связи.

Известная типовая базовая станция содержит многоэлементное независимое поисковое устройство и элементы демодуляции. Поисковое устройство и элементы демодуляции управляются микропроцессором. В рассматриваемом в качестве примера варианте для поддержания высокой пропускной способности системы ни одно удаленное устройство радиосвязи в системе не передает пилот-сигнал. Отсутствие пилот-сигнала в обратной линии связи увеличивает время, необходимое для анализа всех возможных временных сдвигов, с которыми может быть принят сигнал от удаленного устройства радиосвязи. Обычно пилот-сигнал передается с уровнем мощности, более высоким, чем сигналы трафика, что повышает отношение сигнал-шум принимаемого пилот-сигнала по сравнению с принимаемыми канальными сигналами трафика. В противоположность этому в идеале каждое удаленное устройство радиосвязи передает сигнал обратной линии связи, который поступает с уровнем мощности, равным уровню мощности, принимаемому от любого другого удаленного устройства радиосвязи, и следовательно, имеющий низкое отношение сигнал-шум. Кроме того, канал пилот-сигнала передает известную последовательность данных. Без пилот-сигнала в процессе поиска необходимо проверять все варианты, по которым могли быть переданы данные.

На фиг. 2 в качестве примера показан вариант известной базовой станции. Базовая станция на фиг.2 имеет одну или более антенн 12, принимающих сигналы обратных линий связи удаленных устройств радиосвязи 14. Обычно зона действия городской базовой станции разделена на три субзоны, называемые секторами. При двух антеннах на один сектор обычная базовая станция имеет всего шесть приемных антенн. Принимаемые сигналы преобразуются с понижением частоты до полосы частот модулирующих сигналов аналоговым приемником 16, который разбивает сигнал на I и Q каналы и посылает эти цифровые значения по сигнальным шинам 18 в модем канального элемента 20. Обычная базовая станция содержит множество модемов канальных элементов, таких как модем канального

элемента 20 /на фиг. 2 не показаны/. Каждый модем канального элемента 20 поддерживает одного пользователя. В предпочтительном варианте модем канального элемента 20 содержит четыре элемента демодуляции 22 и восемь поисковых устройств 26. Микропроцессор 34 управляет работой элементов демодуляции 22 и поисковых устройств 26. Псевдошумовой код пользователя в каждом элементе демодуляции 22 и поисковом устройстве 26 настраивается на псевдошумовой код удаленного устройства радиосвязи, выделенный для этого модема канального элемента 20. Микропроцессор 34 пошагово просматривает поисковые устройства 26, используя набор сдвигов, называемый поисковым окном, которое потенциально содержит пики сигнала многолучевого распространения, подходящие для распределения их элементам демодуляции 22. Для каждого сдвига поисковое устройство 26 сообщает микропроцессору 34 уровень энергии, который оно обнаружило в этом сдвиге. Затем микропроцессор 34 присваивает элементы демодуляции 22 трассам распространения, идентифицированным поисковыми устройствами 26. Как только один из элементов демодуляции 22 зафиксировал сигнал на распределенном ему сдвиге, он затем следует за этой трассой сам без контроля со стороны микропроцессора 34, пока на ней не возникнет замирание или пока этот элемент не будет распределен микропроцессором 34 новой трассе распространения сигнала.

В системе по фиг.2 каждый элемент демодуляции 22 и поисковое устройство 26 содержит один процессор БПА 52, способный выполнять одно преобразование БПА в течение интервала времени, равного интервалу символа Уолша. Процессор БПА функционирует в "реальном времени" в том смысле, что одно значение интервала символа Уолша вводится и значение одного символа выводится из процессора БПА. Следовательно, для обеспечения быстрого процесса поиска необходимо использовать больше, чем одно поисковое устройство 26. Каждое поисковое устройство 26 подает на микропроцессор 34 результаты выполненного поиска. Микропроцессор 34 сводит эти результаты в таблицы для использования при присвоении элементов демодуляции 22 поступающим сигналам.

На фиг. 2 показана внутренняя структура только одного элемента демодуляции 22, но понятно, что она применима также и для поисковых устройств 26. Каждый элемент демодуляции 22 или поисковое устройство 26 модема канального элемента имеет соответствующие генераторы 36,38 I- и Q-ПСП и генератор 40 специфически для каждого пользователя ПСП, который используется для выбора конкретного удаленного устройства радиосвязи. Выходной сигнал специфической для каждого пользователя ПСП 40 подвергается операции "исключающее ИЛИ" с помощью соответствующих логических элементов 42 и 44 вместе с выходными сигналами генераторов 36 и 38 I- и Q-ПСП для получения ПСП-1' и ПСП-Q', которые подаются на устройство сжатия 46. Опорные

синхронизирующие сигналы генераторов 36, 38, 40 настраиваются на сдвиг распределенного сигнала, так что устройство сжатия 46 коррелирует принимаемые антенной I- и Q-канальные выборки с ПСП-I' и ПСП-Q', согласованной с распределенным сдвигом сигнала. Четыре выхода устройств сжатия, соответствующие четырем псевдошумовым элементам на элемент Уолша, суммируются, образуя один элемент Уолша с помощью сумматоров 48 и 50. Затем накопленный элемент Уолша подается в процессор БПА. Когда получены 64 элемента, соответствующие одному символу Уолша, процессор БПА 52 коррелирует набор из 64 элементов Уолша с каждым из возможных 64 переданных символов Уолша и выдает 64 элементную матрицу данных "мягкого" решения. Затем выход процессора БПА 52 суммируется с выходами других расширенных элементов демодуляции с помощью сумматора 28. Выход сумматора 28 представляет собой демодулированный символ "мягкого" решения, взвешенный посредством доверительного уровня, который точно идентифицирует исходно переданный символ Уолша. Затем данные "мягкого" решения подаются в декодер прямого исправления ошибок 29 для дальнейшей обработки, чтобы восстановить исходный сигнал вызова. Затем этот сигнал вызова посылается через цифровую линию связи, такую как линия связи T1 или E1, которая направляет вызов в коммутируемую телефонную сеть общего пользования 32.

Как и каждый элемент демодуляции 22, каждое поисковое устройство 26 содержит тракт данных демодуляции процессором БПА, способным выполнять одно преобразование БПА в течение интервала времени, равного интервалу символа Уолша. Поисковое устройство 26 отличается от элемента демодуляции только тем, как используется его выходной сигнал и тем, что оно не обеспечивает временное слежение. Для каждого обрабатываемого сдвига каждое поисковое устройство 26 определяет энергию корреляции на этом сдвиге путем сжатия антенных выборок, накопления их в элементы Уолша, выполнения процедуры БПА и суммирования максимальной энергии выхода для каждого символа Уолша, на котором поисковое устройство задерживается при сдвиге. Окончательная сумма сообщается обратно микропроцессору 34. Обычно каждое поисковое устройство 26 в группе с другими по очереди опрашивается через поисковое окно микропроцессором 34, причем каждое из них отделено от соседнего на половину элемента псевдошумового кода. Таким образом, на каждую максимально возможную ошибку сдвига на четверть элемента приходится достаточно энергии корреляции для обеспечения того, чтобы трасса не была пропущена из-за того, что поисковое устройство не установило связь с точным сдвигом для данной трассы распространения. После последовательного просмотра поисковых устройств 26 посредством окна поиска микропроцессор 34 оценивает сообщаемые результаты и ищет трассы с наиболее мощным сигналом для распределения элементов демодуляции, как это описано в вышеупомянутой заявке на патент США N 08/144902.

Среда многолучевого распространения постоянно изменяется, так как удаленное устройство радиосвязи и другие отражающие объекты перемещаются в зоне действия базовой станции. Количество поисков, которые должны быть выполнены, определяется необходимостью достаточно быстро определить условие многолучевого распространения, так чтобы элементы модуляции могли эффективно использовать верно найденные трассы распространения сигналов. С другой стороны, необходимое количество элементов демодуляции является функцией количества упомянутых трасс, найденных для использования в любой момент времени. Для удовлетворения этих требований система по фиг.2 имеет два поисковых устройства 26 и один элемент демодуляции 22 для каждой из четырех используемых интегральных схем ИС/демодуляции, всего четыре элемента демодуляции и восемь поисковых устройств на один модем канального элемента. Каждый из этих двенадцати обрабатывающих элементов содержит полный тракт демодуляции данных, включающий процессор БПА, который занимает большую часть дорогостоящей площади интегральной схемы. Вдобавок к четырем ИС демодулятора, модем канального элемента также имеет ИС модулятора и ИС декодера прямого исправления ошибок, всего 6 ИС. Для управления и координации элементов демодуляции и поисковых устройств требуется мощный и дорогой микропроцессор. Как показано на фиг. 2, эти схемы полностью независимы и требуют непосредственного управления со стороны микропроцессора 34 для отслеживания корректных сдвигов и обработки выходных данных БПА. Микропроцессор 34 получает прерывание на каждый символ Уолша, чтобы обработать выходные данные БПА. Такая скорость прерывания сама по себе делает необходимым использование мощного микропроцессора.

Можно было бы обеспечить преимущество, если бы шесть ИС, необходимых для модема, удалось свести к одной ИС, в меньшей степени нуждающейся в поддержке микропроцессора, что уменьшило бы стоимость ИС и стоимость изготовления модема на уровне плат и позволило перейти к использованию более дешевого микропроцессора /или, как вариант, одного мощного микропроцессора, поддерживающего сразу несколько модемов канальных элементов/. Недостаточно просто сократить размеры в процессе производства ИС и заменить шесть микросхем на одну. Основная архитектура поискового устройства должна быть разработана заново для высокоэффективного модема на одной микросхеме. Исходя из вышесказанного, должно быть ясно, что имеется потребность в устройстве для приема и обработки сигнала, которое может демодулировать сигнал вызова с расширенным спектром при низкой стоимости и более эффективной архитектуре.

В настоящем изобретении можно использовать набор описанных выше поисковых устройств, работающих в реальном времени, или один поисковый процессор в интегральном исполнении, который может быстро оценивать большое

число сдвигов, потенциально содержащихся в многолучевом принимаемом сигнале вызова.

Настоящее изобретение представляет собой способ поиска сигнала многолучевого распространения, который передается с неизвестной изменяемой скоростью и использует управление уровнем мощности.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение представляет собой способ поиска сигнала с многолучевым распространением, который передается с неизвестной изменяемой скоростью и подвергается регулированию уровня мощности. Способ поиска является линейным, в том смысле, что не предпринимается попытка синхронизации процесса поиска с известным временем для содержания данных. Процесс поиска синхронизируется с границами групп управления мощностью, чтобы можно было получить точные оценки мощности.

Краткое описание чертежей

Признаки, задачи и преимущества настоящего изобретения станут более очевидными из последующего подробного описания, вместе с чертежами, на которых одинаковые ссылочные символы идентифицируют соответствующие элементы и на которых показано следующее:

фиг. 1 - иллюстрация состояния сигнала в условиях существенного многолучевого распространения;

фиг.2 - блок-схема известной системы демодуляции сети связи;

фиг.3 - пример телекоммуникационной системы с МДКР, выполненной согласно настоящему изобретению;

фиг. 4 - блок-схема модема канального элемента, выполненного согласно настоящему изобретению;

фиг.5 - блок-схема процессора поиска;

фиг.6 - иллюстрация циклического характера буфера антенных выборок, использующего первый сдвиг;

фиг. 7 - иллюстрация циклического характера буфера антенных выборок для второго накопления при первом сдвиге по фиг.6;

фиг. 8 - иллюстрация циклического характера буфера антенных выборок для второго сдвига;

фиг. 9 - график, показывающий, каким образом устройство поиска обрабатывает входной сигнал приемника в функции времени;

фиг.10 - блок-схема входного каскада устройства поиска;

фиг.11 - блок-схема устройства сжатия устройства поиска;

фиг.12 - блок-схема процессора результата устройства поиска;

фиг.13 - блок-схема логического устройства упорядочения устройства поиска;

фиг.14 - временная диаграмма, показывающая последовательность обработки, изображенной на фиг.5, и соответствующее состояние некоторых элементов логического устройства управления, представленных на фиг.13; и

фиг.15 - альтернативная блок-схема процессора поиска.

Описание предпочтительного варианта осуществления изобретения

В последующем описании способа и системы для обработки телефонных вызовов

в цифровой радиотелефонной системе даются различные ссылки на процессы и этапы, которые выполняются для достижения желаемого результата. Следует понимать, что такие ссылки относятся не к действиям или умственным операциям, осуществляемым человеком, а к работе, видоизменению и преобразованию различных систем, включая особенно такие системы, в которых обрабатываются электрические и электромагнитные сигналы и заряды, оптические сигналы или их комбинации. В основе таких систем лежит использование различных информационных запоминающих устройств, часто называемых "памятью", которые запоминают информацию посредством размещения и упорядочения атомных или субатомных заряженных частиц на носителе жесткого диска или в кремнии, арсениде галлия или другой полупроводниковой среде, являющейся основой интегральных схем, а также использование различных устройств обработки информации, часто называемых микропроцессорами, которые изменяют свои параметры и состояние, реагируя на указанные электрические и электромагнитные сигналы и заряды. Также предусмотрена возможность использования памяти и микропроцессоров, которые запоминают и обрабатывают энергию излучения или частицы, имеющие специальные оптические характеристики, или их комбинации, и их применение согласуется с процессом функционирования описываемого изобретения.

Настоящее изобретение может быть реализовано в самых разных системах передачи данных, а в предпочтительном варианте, показанном на фиг. 3, изобретение реализуется в системе 100 для передачи речи и данных, в которой системный контроллер и коммутатор 102 выполняет функции интерфейса и управления, позволяя установить связь с удаленными устройствами радиосвязи 104 через базовые станции 106. Блок контроллера и коммутатора /БКК/ 102 управляет маршрутизацией вызовов между коммутируемой телефонной сетью общего пользования /ТСОП/ 108 и базовыми станциями 106 для передачи на удаленные устройства радиосвязи 104 и от них.

На фиг. 4 показаны модемы канальных элементов 110 A - 110 N и другие элементы инфраструктуры базовой станции, работающие в соответствии со способами МДКР, и форматами данных, описанными в вышеуказанных патентах. Множество антенн 112 подают принимаемый сигнал обратной линии связи 114 в аналоговый приемопередатчик 116. Аналоговый приемопередатчик 116 осуществляет преобразование сигнала обратной линии связи 114 с понижением частоты до полосы частот модулирующих сигналов и дискретизирует сигнал этой полосы частот при восьмикратной частоте псевдошумовых элементов принимаемого сигнала МДКР, как было определено выше. Аналоговый приемопередатчик 116 подают цифровые антенные выборки в модемы канальных элементов 110 A - 110 N посредством сигнала объединительной платы радиоприемника базовой станции. Каждый модем канального элемента 110 A - 110 N может быть присвоен

одному удаленному устройству радиосвязи, имеющему активную связь, установленную с базовой станцией. Все модемы канальных элементов 110 А - 110 N практически идентичны по структуре.

Если активному вызову присвоен модем канального элемента 110 А, то входной каскад демодулятора 122 и интегральный поисковый процессор 128 выделяют сигнал от соответствующего удаленного устройства радиосвязи из множества сигналов вызовов, содержащихся в сигнале обратного трактата 114, путем использования ПСП, описанных в вышеуказанных патентах и патентных заявках. Модем канального элемента 110 А включает в себя однокристалльный поисковый процессор 128 для идентификации сигналов многолучевого распространения, которые могут быть использованы входным каскадом демодулятора 122. В предпочтительном варианте процессор БПА с квантованием времени 120 обслуживает как интегральный поисковый процессор 128, так и входной каскад демодулятора 122. В отличие от совместно используемых процессора БПА 120 и блока определения относительного максимума 160, интегральный поисковый процессор 128 является автономным, самоуправляемым и независимым устройством. Поисковая архитектура детально описывается в одновременно рассматриваемой заявке на патент США N 08/316177 на "Процессор сигналов многолучевого распространения для системы связи множественного доступа с расширенным спектром" от 30 сентября 1994 года, переуступленной правопреемнику настоящего изобретения.

Процессор БПА 120 является ключевым устройством в процессе демодуляции. В предпочтительном варианте процессор БПА 120 соотносит принимаемые значения символов Уолша с каждым из возможных значений символов Уолша, которые могли быть переданы удаленным устройством радиосвязи. Процессор БПА 120 выдает энергию корреляции, соответствующую каждому из возможных символов Уолша, причем более высокий уровень энергии корреляции соответствует более высокой вероятности того, что удаленным устройством радиосвязи был передан символ, соответствующий этому индексу Уолша. Затем блок определения максимума 160 определяет самый большой из 64 выходных уровней энергии преобразования. Затем максимальная энергия корреляции и соответствующий индекс Уолша из блока определения максимума 160 и каждый из 64 выходных сигналов энергии корреляции из процессора БПА 120 подаются в конвейерный процессор демодулятора 126 для дальнейшей обработки. Максимальная энергия корреляции и соответствующий индекс Уолша из блока определения максимума 160 возвращаются обратно в интегральный поисковый процессор 128.

Конвейерный процессор демодулятора 126 синхронизирует и суммирует символьные данные, получаемые на различных сдвигах, в единый поток демодулированных символов "мягкого" /программируемого/ решения. Вдобавок конвейерный процессор демодулятора 126 вычисляет уровень мощности принимаемого сигнала. Исходя из

принимаемого уровня мощности формируется указание, предписывающее удаленному устройству радиосвязи повысить или понизить мощность передачи этого модуля. Команда на управление мощностью проходит через модулятор 140, который добавляет эту команду в сигнал, передаваемый базовой станцией для приема данным удаленным устройством радиосвязи. Этот контур управления мощностью функционирует согласно способу, описанному в вышеуказанном Патенте США N 5056109.

Поток символов "мягкого" решения выводится из конвейерного процессора демодулятора 126 в обратный перемежитель/декодер с прямым исправлением ошибок 130 через микропроцессорный шинный интерфейс 134. Затем данные направляются через обратный цифровой канал 121 в БКК 102, который осуществляет соединение по вызову с КТС ОП 108.

Канал обработки данных прямой линии связи реализует функции, обратные по сравнению с обратной линией связи. Сигнал подается из КТС ОП 108 через БКК 102 в обратный цифровой канал 121. Обратный цифровой канал 121 подает сигнал на вход кодера/перемежителя 138 через микропроцессор канального элемента 136. После кодирования и перемежения данных кодер/перемежитель 138 подает данные на модулятор 140, где они модулируются, как было описано в вышеуказанных патентах. Выходной сигнал 146 модулятора 140 подается в сумматор передатчика 142, где он добавляется к выходным сигналам других модемов канальных элементов 110 В - 110 N, прежде чем они подвергнутся преобразованию с повышением частоты относительно полосы модулирующих сигналов и усилятся в аналоговом приемопередатчике 116. Способ суммирования раскрыт в совместно поданной заявке на патент США N 08/316 156 на "Последовательный элемент соединения для суммирования множества цифровых сигналов" от 30 сентября 1994 года, переуступленной правопреемнику настоящего изобретения. Как показано в вышеуказанной патентной заявке, сумматор передатчика, соответствующий каждому из модемов канального элемента, может быть включен последовательно в топологию типа "цепочки" в случайном порядке, выдавая результирующий суммарный сигнал, который подается в аналоговый приемопередатчик 116 для трансляции.

На фиг. 5 показаны элементы, входящие в интегральный поисковый процессор 128. Ключевую роль в процессе поиска играет процессор БПА с квантованием времени 120, который, как упоминалось выше, совместно используется интегральным поисковым процессором 128 и входным каскадом демодулятора 122 /на фиг. 5 не показан/. Процессор БПА 120 может выполнять преобразования символов Уолша со скоростью в 32 раза большей, чем процессор БПА на фиг. 2. Такая способность быстрого преобразования делает возможным функционирование модема канального элемента 110 с квантованием времени.

В предпочтительном варианте процессор БПА 120 построен с использованием

6-ступенчатой цепи типа "бабочки". Как подробно описано выше, функция Уолша n-го порядка может быть рекурсивно определена следующим образом:

$$W(n) = \begin{bmatrix} W(n/2), W(n/2) \\ W(n/2), W'(n/2) \end{bmatrix}$$

где W' обозначает логическое дополнение W, а W(1)=0.

В предпочтительном варианте последовательность Уолша генерируется при n= 6, и, следовательно, для соотношения 64 элементов Уолша одного переданного символа Уолша с каждого из 64 возможных последовательностей Уолша используется 6-ступенчатая матрицы-"бабочки". Структура и способ функционирования процессора БПА 120 подробно раскрыты в совместно поданной заявке на патент США N 08/173 460 на "Способ и устройство для выполнения быстрого преобразования Адамара" от 22 декабря 1993 года, переуступленной правопреемнику настоящего изобретения.

Чтобы воспользоваться преимуществами процессора БПА 120, имеющего тридцатидвухкратную производительность по сравнению с прототипом, работающим в реальном времени, процессор БПА 120 должен быть обеспечен данными для обработки, вводимыми с высокой скоростью. Для удовлетворения этого требования буфер антенных выборок 172 должен быть рассчитан соответствующим образом. Запись в и считывание из буфера антенных выборок 172 осуществляется циклически.

Процесс поиска группируется на наборы поисков отдельных сдвигов. Наивысший уровень группирования - это набор поисков для антенны. Каждый набор поисков для антенны состоит из множества поисковых окон. Обычно каждое поисковое окно в наборе поисков для антенны представляет собой идентично выполняемую группу поисков, где каждое поисковое окно при антенном поиске получает данные от определенной антенны. Каждое поисковое окно выполнено из ряда групп поиска, представляющих собой набор последовательных поисковых сдвигов, выполняющихся в течение времени, эквивалентного длительности символа Уолша. Каждая такая группа поиска состоит из набора элементов группы. Каждый элемент представляет собой единичный поиск на данном сдвиге.

В начале процесса поиска микропроцессор канального элемента 136 посылает параметры, определяющие поисковое окно, которое может быть частью набора антенных поисков. Ширина поискового окна может быть указана в элементах псевдошумового кода. Количество поисковых элементов, необходимых для завершения поискового окна, изменяется в зависимости от количества элементов псевдошумового кода, определенных в поисковом окне. Количество элементов на одну группу поиска может быть определено микропроцессором канального элемента 136 или может быть зафиксировано в виде некоторой константы.

На фиг.1 в качестве примера показан набор сигналов, поступающих на базовую станцию от одного удаленного устройства радиосвязи, из которого станет более понятной взаимосвязь между поисковым окном, группой поиска и элементом группы. Вертикальная ось на фиг. 1 представляет

принимаемую мощность в децибелах /дБ/. По горизонтальной оси откладывается задержка по времени прихода сигнала, возникающая из-за задержек многолучевого распространения. Ось /не показана/, идущая перпендикулярно плоскости страницы, представляет сегмент времени. Все пики сигнала в плоскости страницы пришли в одно и то же время, хотя и были переданы удаленным устройством радиосвязи в разное время.

Можно считать, что горизонтальная ось масштабируется в единицах сдвига элементов псевдошумового кода. В любой данный момент времени базовая станция принимает множество различных сигналов от одного удаленного устройства радиосвязи, каждый из которых прошел до отличающейся траектории и может иметь отличную от других задержку. Сигнал удаленного модуля модулируется с помощью ПСП. На базовой станции также генерируется копия ПШП. На базовой станции, если каждый сигнал многолучевого распространения был модулирован индивидуально, появляется необходимость синхронизации кода ПСП с каждым сигналом. Каждая из этих синхронизированных ПСП на базовой станции будет иметь задержку по отношению к эталонному нулевому сдвигу из-за вышеуказанной задержки. По горизонтальной оси может быть отложено количество псевдошумовых элементов, на которое задерживается синхронизированная ПСП по отношению к нулевому эталонному сдвигу базовой станции.

На фиг. 1 сегмент времени 10 представляет набор поискового окна из сдвигов элементов псевдошумового кода, подлежащих обработке. Сегмент времени 10 разделен на пять различных групп поиска, таких как сегмент времени 9. Каждая группа поиска, в свою очередь, состоит из ряда элементов, представляющих действительные сдвиги, являющиеся объектом поиска. Например, на фиг.1 каждая группа поиска состоит из 8 различных элементов, таких как 8.

Для обработки одного элемента группы поиска 8 необходим набор выборок во времени с данным сдвигом. Например, для обработки элемента 8 требуется сжатие набора выборок при сдвиге 8, идущего назад от плоскости страницы по оси времени. Также необходимо сжатие соответствующей ПСП. ПСП может быть определена путем записи времени поступления выборок и сдвига, который необходимо обработать. Требуемый сдвиг может быть объединен с временем прихода для определения соответствующей ПСП, подлежащей корреляционной обработке с принимаемыми выборками.

Когда элемент группы поиска сжимается, выборки с приемной антенны и ПСП принимают ряд значений во времени. Заметим, что выборки с приемной антенны одинаковы для всех сдвигов, показанных на фиг.1, а пики 2-7 показывают в качестве примера пики многолучевого распространения, которые поступают одновременно и различаются только с помощью процесса сжатия.

В предпочтительном варианте, описываемом ниже, каждый элемент группы поиска смещен во времени относительно

предыдущего элемента на половину элемента псевдошумового кода. Это означает, что если элемент группы поиска 8 подвергался корреляционной обработке, начиная с показанной на чертеже плоскости среза по направлению вперед во времени /в плоскость страницы, как показано на чертеже/, то тогда элемент слева от указанного элемента 8 будет использовать выборки, начиная с половины элемента во времени назад от показанной плоскости среза. Это продвижение во времени позволяет каждый элемент в общей группе поиска подвергать корреляционной обработке с использованием одной и той же ПСП.

Каждое удаленное устройство радиосвязи принимает сигнал, передаваемый базовой станцией, с задержкой на некоторую величину, возникающую из-за задержки при прохождении через наземную среду. В удаленном устройстве радиосвязи также генерируется один и тот же I и Q короткий псевдошумовой код и длинный псевдошумовой код пользователя. Удаленное устройство радиосвязи генерирует опорные синхронизирующие сигналы на основе опорных синхронизирующих сигналов, которые он принимает от базовой станции. Удаленное устройство радиосвязи использует опорный синхронизирующий сигнал в качестве входного сигнала генераторов I- и Q-псевдошумового короткого и длинного кода пользователя. Информационный сигнал, принимаемый на базовой станции от удаленного устройства радиосвязи, подвергается двухсторонней /в прямом и обратном направлении/ задержке на пути между базовой станцией и удаленным устройством радиосвязи.

Следовательно, если синхронизация псевдошумового генератора, используемого в процессе поиска, подчиняется опорным синхронизирующим сигналам нулевого сдвига на базовой станции, то выходной сигнал генератора будет всегда появляться прежде, чем соответствующий сигнал будет принят от удаленного устройства радиосвязи.

В сигнале квадратурной фазовой модуляции со сдвигом /КФМНС/ данные I-канала и Q-канала сдвинуты друг относительно друга во времени на половину элемента. Следовательно, сжатие КФМНС, используемое в предпочтительном варианте, требует выборки данных с двойной частотой элементов. Также процесс поиска протекает оптимально с данными, дискретизируемыми с половинной частотой элементов. Каждый элемент в группе поиска сдвинут на половину элемента от предыдущего элемента. Разрешающая способность в половину элемента группы поиска обеспечивает то, что пиковые сигналы многолучевого распространения не пропускаются, не будучи обнаруженными. По этим причинам буфер антенных выборок 172 на фиг. 5 запоминает выбранные данные с удвоенной частотой псевдошумовых элементов.

Эквивалент одного символа Уолша считывается из буфера антенных выборок 172 для обработки одного элемента группы поиска. Для каждого последующего элемента из буфера антенных выборок 172 считывается эквивалент одного символа Уолша, сдвинутого на половину псевдошумового элемента от предыдущего

элемента. Каждый элемент группы поиска сжимается с помощью той же самой ПСП, считываемой из буфера ПСП 176 устройством сжатия 178 для каждого элемента в группе поиска.

Буфер антенных выборок 172 имеет емкость в два символа Уолша, и в него и из него непрерывно и многократно производится запись и считывание на протяжении всего процесса поиска. В каждой группе поиска первым обрабатывается элемент, имеющий самый последний сдвиг во времени. Самый последний сдвиг соответствует сигналу, который пришел по самой длинной траектории от удаленного устройства радиосвязи до базовой станции. Момент, с которого поисковое устройство начинает обрабатывать группу поиска, привязывается к границам символа Уолша, относящегося к элементу этой границы, имеющему самый последний сдвиг в группе поиска. Временной строб, называемый границей сдвинутого символа Уолша, указывает на самый ранний момент, когда все требуемые выборки имеются в буфере антенных выборок 172, и процесс поиска может быть начат с первого элемента в группе поиска.

Работу буфера антенных выборок 172 легко проиллюстрировать, если учесть ее циклический характер. На фиг. 6 показана диаграмма работы буфера антенных выборок 172. На фиг. 6 окружность 400, показанная жирной линией, представляет сам буфер антенных выборок 172. Буфер антенных выборок 172 содержит ячейки памяти для двух значений данных символов Уолша. Указатель записи 406 циркулирует в буфере антенных выборок 178 в направлении, указанном в реальном времени, что означает, что указатель записи 406 поворачивается в буфере антенных выборок емкостью два символа Уолша в то время, когда эквивалент выборок двух символов Уолша поступает во входной каскад поискового устройства 174. Когда выборки записываются в буфер антенных выборок 172 в соответствии с адресом ячейки памяти, указываемом указателем записи 406, ранее записанные данные переписываются. В предпочтительном варианте буфер антенных выборок 176 содержит 1024 антенных выборки, поскольку каждый из двух символов Уолша содержит 64 элемента Уолша, а каждый элемент Уолша содержит 4 псевдошумовых элемента, каждый из которых отбирается дважды.

Процесс поиска делится на дискретные временные интервалы. В предпочтительном варианте интервал времени равен 1/32 длительности символа Уолша. Выбор 32 интервалов времени на один символ Уолша получается из имеющейся тактовой частоты и количества тактовых циклов, необходимых для выполнения БПА. Для выполнения БПА для одного символа Уолша требуется 64 тактовых цикла. В предпочтительном варианте имеется тактовый генератор, работающий с восьмикратной частотой псевдошумовых элементов, который обеспечивает необходимый уровень характеристик функционирования. Восьмикратная частота псевдошумовых элементов, умноженная на требуемые 64 тактовых импульса, эквивалентна времени, которое уходит на прием эквивалента двух

элементов Уолша /данных/. Поскольку в каждой половине буфера имеется 64 элемента Уолша, для считывания всего символа Уолша необходимо 32 интервала времени.

На фиг. 6 набор концентрических дуг вне окружности 400, показанной жирной линией, представляет операцию считывания и записи в буфере антенных выборок 172. Дуги внутри окружности используются для облегчения понимания и не соответствуют операциям считывания или записи. Каждая дуга представляет операцию считывания или записи во время одного интервала времени. Дуга, ближайшая к центру окружности, появляется во времени первой, а каждая последующая дуга представляет операцию, происходящую в более поздний интервал времени, как показано с помощью стрелки времени 414. Каждая из концентрических дуг соответствует части буфера антенных выборок 172, представленного окружностью 400, которая показана жирной линией. Если представить радиусы, выходящие из центра окружности 400, к точкам по концам каждой концентрической дуги, то часть окружности 400 между точками пересечения радиусов и окружности 400 будет представлять доступные ячейки памяти. Например, в течение показанной на фигуре операции на первом интервале времени в буфер антенных выборок 172, представленный дугой 402A, записывается 16 антенных выборок.

На фиг. 6,7 и 8 в качестве примера приняты следующие параметры поиска для поискового окна:

ширина поискового окна = 24 псевдошумовых элемента;

поисковый сдвиг = 24 псевдошумовых элемента;

количество символов для накопления = 2;

количество элементов на одну поисковую группу = 24.

На фиг. 6 также принято, что буфер антенных выборок 172 практически содержит эквивалент полного символа Уолша достоверных данных перед записью, показанной дугой 402A. Во время последующих интервалов времени происходит запись, соответствующая дуге 402B и дуге 402C. В течение 32 интервалов времени, имеющих в наличии в течение времени, эквивалентного одному символу Уолша, операции записи продолжают от дуги 402A до самой большой дуги 402 FF, которая не показана.

32 интервала времени, представленные дугами с 402A до 402FF, соответствуют времени, используемому для завершения одной поисковой группы. Используя заданные выше параметры, поисковая группа начинает сдвиг на 24 псевдошумовых элемента от эталонного нулевого сдвига, или "реального времени", и содержит в себе 24 элемента. Сдвиг на 24 псевдошумовых элемента соответствует повороту на 16.875 градуса по окружности 400 от начала первой записи, показанной дугой 402A /вычисляемому путем деления сдвига на 24 псевдошумовых элемента на общее число элементов 256 в половине буфера антенных выборок 172 и умножения результата на 180 градусов/. Эта дуга в 16.875 градуса показана в виде дуги 412. 24 элемента поисковой группы соответствуют считываниям, показанным

дугами 404A-404X, самая большая из которых не показана. Первое считывание, соответствующее дуге 404A, начинается в некоторый момент поискового сдвига после записи, соответствующей 402C, так что в наличии имеется набор смежных данных. Каждое последующее считывание, например 404B, смещается по отношению к предыдущему на один адрес памяти, соответствующий 1/2 псевдошумового элемента во времени. В течение показанной поисковой группы считывания происходят по направлению к более ранним сдвигам, показанным дугами 404A-404X, с течением времени против времени против часовой стрелки и в направлении, противоположном вращению указателя записи 406. 24 считывания, представленные дугами 404A-404X, обходят дугу, показанную под номером 418. Проведение считываний по направлению к более ранним выборкам имеет то преимущество, что обеспечивается непрерывный поиск внутри поискового окна при реализации каждой поисковой группы. Это преимущество подробно раскрывается ниже.

При каждом из считываний, соответствующих дугам от 404A до 404X, на устройство сжатия 178 подается эквивалент одного значения символа Уолша /данных/. Следовательно, считывание соответствует охвату 180 градусов на окружности 400. Заметим, что в поисковой группе, показанной на фиг. 6, последняя запись, соответствующая дуге 402FF, и последнее считывание, соответствующее дуге 404X, не включают каких-либо общих адресов памяти для обеспечения смежных достоверных данных. Однако можно предположить, что если диаграмма считывания и записей продолжалась, то они в действительности пересекались бы, и в этих условиях нельзя было бы обеспечить достоверные данные.

В большинстве случаев передачи сигналов результат эквивалента элемента данных поисковой группы, получаемый в течение временного эквивалента одного символа Уолша, недостаточен для обеспечения точной информации о расположении разнесенных сигналов. В этих случаях поисковая группа может быть многократно повторена. Результаты для элементов в последующих поисковых группах с общим сдвигом накапливаются процессором 162 результатов поиска, что подробно разъяснено далее. В этом случае заданные выше параметры поиска указывают, что количество символов для накопления на каждом сдвиге равно двум. На фиг. 7 показана поисковая группа по фиг. 6, повторяемая с одним и тем же сдвигом в течение временного эквивалента последующего символа Уолша. Заметим, что буфер антенных выборок 172 содержит эквивалент двух символов Уолша, так что данные, необходимые для обработки в течение поисковой группы, показанной на фиг. 7, были записаны для поисковой группы, показанной на фиг. 6. В этой конфигурации отстоящие друг от друга на 180 градусов ячейки памяти представляют один и тот же псевдошумовой сдвиг.

После завершения двух поисковых групп по фиг. 6 и 7 процесс поиска переходит к следующему сдвигу в поисковом окне.

Величина продвижения равна ширине обрабатываемой поисковой группы и в данном случае составляет 12 псевдoshумовых элементов. Ширина окна определяет, сколько сдвигов поисковых групп необходимо для завершения поискового окна. В данном случае для перекрытия поискового окна шириной 24 псевдoshумовых элемента необходимо два разных сдвига. На фиг.8 ширина окна показана дугой 412. Второй сдвиг для этого поискового окна начинается со сдвига, следующего за последним сдвигом предыдущей поисковой группы, и продолжается вокруг точки номинального нулевого сдвига, устанавливаемого по местоположению начала первой записи, указанной дугой 430A. Здесь имеется 24 элемента внутри поисковой группы, показанной дугами 432A-432X, причем самая большая из них не показана. 32 записи показаны дугами 430A-430FF. Таким образом, последняя запись, показанная дугой 430FF, и последнее считывание, показанное дугой 432X, граничат друг с другом в буфере антенных выборок 172.

Поисковая группа, показанная на фиг. 8, повторяется на противоположной стороне буфера антенных выборок 172 почти так же, как поисковая группа на фиг. 6 повторяется на фиг. 7, поскольку параметры поиска предписывают, чтобы каждый символ накапливался дважды. После завершения второго накопления второй поисковой группы интегральный процессор поиска 128 готов начать работу с другим поисковым окном. Следующее поисковое окно может иметь новый сдвиг, или может определять новую антенну, или и то и другое.

На фиг. 8 местоположение границы между областью считывания и областью записи буфера отмечено меткой 436. На фиг. 6 граница отмечена меткой 410. Сигнал, указывающий точку во времени, соответствующую меткам 410 и 436, называется стробом смещенного символа Уолша, который также показывает, что появился эквивалент нового символа Уолша выборки. Когда поисковые группы внутри окна продвигаются к более ранним сдвигам, граница между областями буфера для считывания и для записи поворачивается на шаге фиксации против часовой стрелки, как показано на фиг.8. Если после завершения текущего поискового окна требуется большое изменение в обрабатываемом сдвиге, то строб сдвинутого символа Уолша может быть продвинут на большую часть окружности цикла.

Фиг. 9 дает графическое представление процесса поиска во времени. Время отображается в единицах символов Уолша по горизонтальной оси. Адреса буфера антенных выборок 172 и адреса буфера 176 ПСП показаны по вертикальной оси также в единицах символов Уолша. Поскольку буфер 172 антенных выборок имеет емкость два символа Уолша, то адресация буфера 172 антенных выборок охватывает границы четного символа Уолша, но на фиг.9 для примера показаны адреса перед их сверткой один поверх другого. Выборки записываются в буфер 172 антенных выборок по адресу, взятому непосредственно с момента, когда они были получены, так что указатель записи 181 в буфере 172 антенных выборок

представляет собой прямую с наклоном сорок пять градусов. Обрабатываемый сдвиг отображается в базовый адрес в буфере 174 антенных выборок для начала считывания символа Уолша выборки для одного элемента поисковой группы. Элементы показаны на фиг. 9 в виде практически вертикальных линейных сегментов указателей считывания 192. Каждый элемент отображается в символ Уолша по высоте, обозначенной на вертикальной оси, и в 1/32 символа Уолша, указанного по горизонтальной оси.

Промежутки по вертикали между элементами поисковой группы обусловлены входным каскадом 122 демодулятора, прерывающим процесс поиска, чтобы использовать процессор БПА 120. Входной каскад 122 демодулятора функционирует в реальном времени и имеет наивысший приоритет на использование процессора БПА 120, всякий раз когда он имеет текущий или очередной набор данных для обработки. Следовательно, обычно входному каскаду 122 демодулятора предоставляется возможность использования процессора БПА 120 на границе каждого символа Уолша, соответствующей сдвигу псевдoshумового сигнала, который демодулируется входным каскадом 122 демодулятора.

На фиг. 9 показаны те же самые поисковые группы, что и на фиг. 6, 7 и 8. Например, поисковая группа 194 имеет 24 элемента, каждый из которых соответствует одной из дуг 404A-404X на фиг.6. На фиг.9 для поисковой группы 194 указатель 410 показывает строб сдвинутого символа Уолша, соответствующий аналогичному указателю на фиг. 6. Для считывания текущих выборок каждый элемент поисковой группы должен находиться ниже указателя записи 181. Наклон вниз элементов вместе с поисковой группой указывает шаги к более ранним выборкам. Поисковая группа 195 соответствует поисковой группе, показанной на фиг. 7, а поисковая группа 196 соответствует поисковой группе, показанной на фиг. 8.

В поисковом окне, определенном вышеуказанными параметрами, определены только 24 элемента на одну поисковую группу, хотя данная поисковая группа имеет 32 доступных интервала времени. Каждый элемент может быть обработан в течение одного интервала времени. Однако практически невозможно увеличить количество элементов на одну поисковую группу до 32, чтобы согласовать количество квантов времени в течение поисковой группы. Входной каскад 122 демодулятора использует некоторые из имеющихся интервалов времени процессора БПА. Имеется также временная задержка, связанная с продвижением поисковой группы, когда процедура считывания должна ожидать осуществления операции записи, чтобы заполнить буфер достоверными данными для нового сдвига. Также необходим некоторый запас для синхронизации с интервалом времени границы обработки после обнаружения строба сдвинутого символа Уолша. Все эти факторы ограничивают на практике количество элементов, которые могут быть обработаны в одной поисковой группе. В некоторых случаях количество элементов на одну поисковую группу может

быть увеличено, например, если входной каскад 122 демодулятора имеет только один присвоенный демодулирующий элемент и, следовательно, прерывает процессор БПА 120 один раз за поисковую группу. Следовательно, в предпочтительном варианте количество элементов на поисковую группу регулируется микропроцессором канального элемента 136. В альтернативных вариантах количество элементов на одну поисковую группу может быть постоянной фиксированной величиной.

Также может иметь место значительная дополнительная задержка при коммутации антенн источников на входе в буфер выборок или изменении точки начала поискового окна или интервала между поисками. Если одна поисковая группа требует конкретный набор выборок, а следующая группа для другой антенны требует использование перекрывающейся части буфера, то следующая группа должна отсрочить обработку, пока не появится следующая граница сдвинутого символа Уолша, с момента появления которой будет иметься законченный символ Уолша выборки для нового антенного источника. На фиг. 9 поисковая группа 198 обрабатывает данные от другой антенны, по сравнению с антенной для поисковой группы 197. Горизонтальная линия 188 указывает область памяти, соответствующую входным выборкам новой антенны. Отметим, что поисковые группы 197 и 198 не используют какие-либо общие области памяти.

Для каждого интервала времени в буфер выборок должны записываться два элемента Уолша, а из буфера выборки может быть считан один полный символ Уолша. В предпочтительном варианте в течение каждого интервала времени имеет место 64 тактовых цикла. Полный элемент Уолша из выборки содержит четыре набора выборок: текущие I-канальные выборки, прежние I-канальные выборки, текущие Q-канальные выборки и прежние Q-канальные выборки. В предпочтительном варианте каждая выборка состоит из четырех бит. Следовательно, за один тактовый импульс от буфера антенных выборок 172 требуется шестьдесят четыре бита. Используя однопортовое ОЗУ, самый простой вариант буфера удваивает ширину слова до 128 бит и расширяет буфер на два 64-битовых отрезка /64-битового слова/ в виде буферов 168, 170 для независимого считывания/записи четных и нечетных элементов Уолша. Затем записи, поступающие в буфер с гораздо меньшей частотой, мультиплексируются между операциями считывания, которые осуществляют переключение между двумя банками данных на последовательных тактовых циклах.

Считывание выборок элементов Уолша из четных и нечетных буферов 168, 170 элементов Уолша имеет произвольное выравнивание по отношению к физическому выравниванию слова в ОЗУ. Поэтому при первом считывании интервала времени обе половины считываются в устройство сжатия 178, образуя окно шириной в два элемента Уолша, из которого получается один элемент Уолша с выравниванием по текущему сдвигу. Для поисковых сдвигов четных элементов Уолша адрес буфера для четного и нечетного

элементов Уолша для первого считывания один и тот же. Для сдвигов нечетных элементов Уолша четный адрес для первого считывания сдвигается на единицу от нечетного адреса, обеспечивая начало последующего элемента Уолша от нечетной половины буфера выборок. Дополнительные элементы Уолша, необходимые для устройства сжатия 178, могут быть поданы на него посредством считывания из одного буфера элементов Уолша. Далее последующие считывания всегда обеспечивают обновленное окно шириной в два элемента Уолша, из которого извлекается элемент Уолша, выровненный с обрабатываемым в текущий момент сдвигом.

Согласно фиг. 5, для каждого элемента в поисковой группе в процессе сжатия используется один и тот же символ Уолша ПСП из буфера 176 ПСП. Для каждого тактового цикла в интервале времени необходимы четыре пары псевдослучайных выборок I'-канала и Q'-канала. При использовании однопортового ОЗУ ширина слова удваивается и считывается из половины буфера многократного. Затем в цикле, не используемом для считывания, выполняется единичная запись в буфере 176 ПСП, требуемая для одного интервала времени.

Поскольку процесс поиска может определить поиск сдвигов псевдослучайного сигнала до двух символов Уолша, задержанных относительно текущего момента, то должен запоминаться эквивалент четырех символов Уолша ПСП. В предпочтительном варианте буфер 176 ПСП представляет собой ОЗУ емкостью 128 слов на 16 бит. Требуется четыре символа Уолша, поскольку начальный сдвиг может изменяться на 2 символа Уолша, и кол-во скоро выбран начальный сдвиг, эквивалент одного символа Уолша ПСП необходим для корреляции, что означает, что для процесса сжатия необходимо иметь эквивалент трех символов Уолша. Поскольку одна и та же ПСП используется многократно, данные в буфере 176 ПСП не могут быть переписаны во время процесса сжатия, соответствующего одной поисковой группе. Следовательно, необходимо иметь эквивалент одного дополнительного символа Уолша в памяти для запоминания данных ПСП при их генерации.

Данные, которые записываются в буфер 176 ПСП и буфер 172 антенных выборок, обеспечиваются входным каскадом устройства поиска 174. Блок-схема входного каскада устройства поиска 74 показана на фиг. 10. Входной каскад устройства поиска 174 включает в себя генераторы I и Q-ПСП 202, 206 короткого кода и генератор ПСП пользователя 204 длинного кода. Значения, выдаваемые генераторами I- и Q-ПСП 202, 206 короткого кода и генератор ПСП пользователя 204 длинного кода частично определяются временем суток. Каждая базовая станция имеет универсальный стандарт синхронизации, например, GPS синхронизацию для создания синхронизирующего сигнала. Каждая базовая станция также передает в эфир синхронизирующий сигнал на удаленные устройства радиосвязи. На базовой станции опорные синхронизирующие сигналы имеют

нулевой сдвиг, поскольку они настроены на опорные сигналы всемирного времени.

Выходной сигнал генератора ПСП пользователя 204 длинного кода подвергается логической операции "исключающее ИЛИ" вместе с выходным сигналом генераторов I- и Q-ПСП 202,206 коротких кодов с помощью логических элементов XOR /"исключающее ИЛИ"/ 208 и 210 соответственно. /Такой же процесс осуществляется также и в удаленном устройстве радиосвязи, и выходной сигнал используется для модуляции сигнала, передаваемого удаленным устройством радиосвязи/. Выходной сигнал логических элементов XOR 208 и 210 запоминается в последовательно-параллельном сдвиговом регистре 212.

Последовательно-параллельный сдвиговый регистр 212 буферизирует последовательности до ширины буфера 176 ПСП. Затем выходной сигнал последовательно-параллельного сдвигового регистра 212 записывается в буфер 176 ПСП по адресу, который берется с опорной отметки времени с нулевым сдвигом. Таким образом, входной каскад устройства поиска 174 подает последовательные псевдошумовые данные в буфер 176 ПСП.

Входной каскад устройства поиска 174 подает также антенные выборки в буфер 172 антенных выборок. Выборки приема 118 отбираются с одной из множества антенн мультиплексора 216. Отобранные выборки приема подаются на ключевую схему с фиксацией состояния 218, где они прореживаются, что означает, что одна четверть выборок отбирается для использования в процессе поиска. Выборки приема 118 были отобраны с восьмикратной частотой псевдошумовых элементов аналоговым приемопередатчиком 116 /по фиг.4/. Обработка согласно алгоритму поиска предназначена для выборок, отбираемых с половинной частотой псевдошумовых элементов. Следовательно, в буфер 172 антенных выборок должна проходить только четверть принимаемых выборок.

Выходной сигнал ключевой схемы с фиксацией состояния 218 подается в последовательно-параллельный сдвиговый регистр 214, который буферизирует выборки до ширины буфера 172 антенных выборок. Затем выборки записываются в буферах четных и нечетных элементов Уолша 168,170 по адресам, которые также берутся с опорной отметки времени с нулевым сдвигом. Таким способом устройство сжатия 178 может синхронизировать данные антенных выборок с известным сдвигом по отношению к ПСП.

В соответствии с фиг. 5, в течение каждого тактового цикла в интервале времени устройство сжатия 178 отбирает элемент Уолша антенных выборок из буфера 172 антенных выборок и соответствующий набор значений ПСП из буфера 176 ПСП и выводит I- и Q-канальный элемент Уолша в процессор БПА через мультиплексор 124.

На фиг.11 показана подробная блок-схема устройства сжатия 178. Ключевая схема с фиксацией состояния 220 для четных элементов Уолша 220 и ключевая схема с фиксацией состояния 222 для нечетных элементов Уолша фиксирует данные от буфера 168 четных элементов Уолша и

буфера 170 нечетных элементов Уолша соответственно. Блок мультиплексоров 224 выделяет элемент Уолша выборок, подлежащих использованию, из эквивалента двух элементов Уолша выборок, представляемых ключевыми схемами с фиксацией состояния 220 и 222 для четных и нечетных элементов Уолша. Логический блок выбора 226 мультиплексора определяет границу отобранного элемента Уолша на основе сдвига обрабатываемого элемента поисковой группы. Элемент Уолша выводится на блок схем "исключающее ИЛИ" устройства сжатия /КФМн/ 228 сигнала с квадратурной фазовой манипуляцией.

Значения ПСП из буфера 176 ПСП фиксируются ключевой схемой с фиксацией состояния 234 для ПСП. Многорегистровое циклическое сдвиговое устройство 232 сдвигает выходной сигнал ключевой схемы с фиксацией 234 на основе сдвига обрабатываемого элемента и подает ПСП в блок схем "исключающее ИЛИ" устройства сжатия 228 КФМн, где осуществляется условное инвертирование антенных выборок на основе ПСП. Затем значения, получившиеся после операции "исключающее ИЛИ", суммируются посредством дерева сумматоров 230, которое выполняет операцию суммирования в процессе сжатия КФМн и затем суммирует вместе четыре выхода сжатых элементов, образуя элемент Уолша для ввода в процессор БПА 120.

В соответствии с фиг.5, процессор БПА 120 получает от устройства сжатия 178 через мультиплексор 124 64 элемента Уолша и, используя 6-ступенчатую решетку, коррелирует эти шестьдесят четыре входные выборки с каждой из шестидесяти четырех функций Уолша в интервале времени из шестидесяти четырех тактовых циклов. Для определения сигнала корреляции с наибольшей энергией от процессора БПА 120 может быть использован детектор максимума 160. Выходной сигнал детектора максимума 160 подается на процессор результатов поиска 162, являющегося частью интегрального процессора поиска 128.

Процессор результатов поиска 162 подробно представлен на фиг. 12. Процессор 162 также работает в режиме квантования времени. Поступающий на него управляющий сигнал подвергается конвейерной задержке для согласования с задержкой в два интервала времени от начала ввода элементов Уолша в процессор БПА 120 до получения выходного сигнала максимальной энергии. Как объяснялось выше, набор параметров поискового окна может предписывать, какое количество эквивалентов символов Уолша данных было накоплено, прежде чем будут обработаны результаты выбранного сдвига. При параметрах, используемых в примерах по фиг. 6,7,8 и 9, количество символов для накопления равно 2. Процессор результатов поиска 162, наряду с другими функциями, выполняет функцию суммирования.

Когда процессор результатов поиска 162 суммирует последовательно поступающие символы Уолша, он должен запоминать накопленную сумму для каждого элемента в поисковой группе. Эти накопленные суммы запоминаются в ОЗУ накопления символов Уолша 240. Результаты по каждой поисковой

группе вводятся в сумматор 242 от декодера максимума 160 для каждого элемента. Сумматор 242 суммирует существующий результат с соответствующим промежуточным значением, имеющимся в ОЗУ накопления символов Уолша 240. При накоплении последнего символа Уолша для каждого элемента поисковой группы промежуточный результат считывается из ОЗУ накопления символов Уолша 240 и суммируется с помощью сумматора 242 с конечной энергией от этого элемента для получения последнего результата поиска для данного сдвига элемента. Затем результаты поиска сравниваются с наилучшими результатами, полученными при поиске до того момента, который будет пояснен ниже.

В вышеупомянутой одновременно рассматриваемой патентной заявке США N 08\ 144902 в предпочтительном варианте элементы демодуляции распределяются на основе лучших результатов, полученных при поиске. В данном предпочтительном варианте в регистре лучших результатов 250 запоминается восемь лучших результатов. В других вариантах может запоминаться меньшее или большее количество результатов. Регистр промежуточных результатов 164 запоминает пиковые значения и их соответствующий ранговый порядок. Если энергия текущего поиска превышает по меньшей мере одно из значений энергии в регистре промежуточных результатов, то логический блок управления процессором промежуточных результатов 254 отбрасывает восьмой лучший результат в регистре промежуточных результатов 164 и вставляет новый результат вместе с соответствующим рангом, сдвигом псевдослучайного сигнала и антенной, соответствующей данному результату элемента поисковой группы. Все результаты с меньшим рангом понижаются на один ранг. Специалистам известно большое число способов, обеспечивающих такого рода сортировку. В рамках объема данного изобретения может быть использован любой из них.

Процессор результатов поиска 162 имеет фильтр локального пика, содержащий в основной своей части компаратор 244 и ключевую схему с фиксацией состояния предыдущего значения энергии 246. Фильтр локального пика, если он включен, запрещает обновление регистра промежуточных результатов 164, даже когда энергия, определенная в результате поиска, дает право на это, если результат поиска не представляет локальный пик многолучевого распространения. Таким путем фильтр локального пика предотвращает ввод сильного, но "размазанного" многолучевого излучения в регистр промежуточных результатов 164, что в противном случае не оставило бы места для более слабых, но отчетливых сигналов многолучевого излучения, которые могут быть более верными кандидатами для демодуляции.

Реализация фильтра локального пика достаточно проста. Значение энергии суммирования предыдущего элемента поисковой группы запоминается в ключевой схеме с фиксацией состояния для предыдущего значения энергии 246.

Сумма для текущего элемента

сравнивается с хранящимся значением с помощью компаратора 244. Выходной сигнал компаратора 244 указывает, какой из двух его входных сигналов больше, и этот сигнал фиксируется в логическом блоке управления процессора результатов поиска 254. Если предыдущая выборка представляла локальный максимум, то логический блок управления процессора результатов поиска 254 сравнивает предыдущий результат энергии с данными, хранящимися в регистре промежуточных результатов 164, как описывалось выше. Если фильтр локального пика выключен микропроцессором канального элемента 136, то тогда всегда выполняется сравнение с регистром промежуточных результатов 164. Если либо первый, либо последний элемент поисковой группы на границе поискового окна имеет спад, то тогда ключевая схема с фиксацией спада настраивается так, чтобы крайнее значение границы рассматривать как пик.

Простой реализации фильтра локальных пиков способствует проведение считываний по направлению к более ранним символам внутри поисковой группы. Как показано на фиг. 6, 7, 8 и 9, внутри поисковой группы каждый элемент продвигается к сигналам, поступающим во времени раньше. Такая направленность означает, что внутри поискового окна последний элемент поисковой группы и первый элемент последующей поисковой группы являются соседними в сдвиге. Следовательно, работа фильтра локального пика не должна изменяться, и выходной сигнал компаратора 244 остается достоверным при пересечении границ поисковой группы.

В конце обработки поискового окна значения, хранящиеся в регистре промежуточных результатов 164, передаются в регистр лучших результатов 250, данные из которого считываются микропроцессором канального элемента 136. Процессор результатов поиска 162, таким образом, имеет большую рабочую нагрузку от микропроцессора канального элемента 136, обработку которой в системе по фиг. 2 требуется производить независимо по результату каждого элемента поисковой группы.

В предыдущих разделах основное внимание уделялось тракту обработки данных интегрального поискового процессора 128 и подробному описанию того, как строчные антенные выборки 118 преобразуются в итоговое описание многолучевого распространения на выходе регистра лучших результатов 250. В последующих разделах детально описывается, как управляется каждый элемент в тракте данных обработки поиска.

Блок управления поиском 166 по фиг. 5 детально представлен на фиг. 13. Как упоминалось ранее, микропроцессор канального элемента 136 определяет набор параметров поиска, включающий группу антенн для поиска, запоминаемых в буфере выбора антенн 348, начальный сдвиг, запоминаемый в буфере поискового сдвига 308, количество элементов на одну поисковую группу, запоминаемое в буфере 312 ширины группы, ширину поискового окна, запоминаемую в буфере 314 ширины поиска, количество символов Уолша для накопления,

запоминаемое в буфере 316 накопления символов Уолша, и управляющее слово, запоминаемое в буфере 346 управляющего слова.

Начальный сдвиг, запоминаемый в буфере 308 поискового сдвига, определяется с разрешением в восемь элементов. Начальный сдвиг указывает, какие выборки во входном каскаде устройства поиска 174 удаляются посредством прореживания с помощью ключевой схемы с фиксацией состояния 218 на фиг. 10. Благодаря буферу антенных выборок шириной в два символа Уолша 172 в этом варианте самое большое значение начального сдвига составляет половину элемента псевдослучайного кода, что меньше двух полных символов Уолша.

До этого момента была раскрыта базовая конфигурация для выполнения поиска. В действительности имеется несколько видов заранее определенных поисков. Когда удаленное устройство радиосвязи изначально пытается получить доступ в систему, оно посылает сигнал радиомаяка, называемый преамбулой, с использованием нулевого символа Уолша. Нулевой символ Уолша - это символ Уолша, содержащий все логические нули вместо единиц и нулей, как было описано выше. При выполнении поиска преамбулы устройство поиска ищет удаленное модуль, посылающий сигнал радиомаяка с нулевым символом Уолша по каналу доступа. Результатом поиска при поиске преамбулы является энергия для нулевого символа Уолша. Когда выполняется поиск канала доступа в режиме захвата, детектор максимума 160 выводит энергию для нулевого символа Уолша независимо от выявленной максимальной выходной энергии. Управляющее слово, хранящееся в буфере 346 управляющего слова, включает в себя бит преамбулы, который указывает, когда выполняется поиск преамбулы.

Как объяснялось выше, система управления мощностью согласно предпочтительному варианту измеряет уровень сигнала, получаемого от каждого удаленного устройства радиосвязи и формирует команду управления мощностью, предписывающую удаленному устройству радиосвязи повысить или понизить мощность передачи данного удаленного устройства радиосвязи. Система управления мощностью работает с использованием символов Уолша, называемом группой управления мощностью, во время работы канала трафика. /Функционирование канала трафика следует за работой канала доступа и подразумевает работу во время активного вызова/. Все символы Уолша внутри одной группы управления мощностью передаются с использованием одной и той же команды управления мощностью в удаленном устройстве радиосвязи.

Выше также говорилось, что в предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения сигнал, передаваемый удаленным устройством радиосвязи, имеет изменяемую скорость /передачи данных/ во время работы канала трафика. Во время процесса поиска скорость, используемая удаленным устройством радиосвязи для передачи данных, на базовой станции не известна. При накоплении последовательных символов очень важно,

чтобы передатчик во время накопления не выключался. Последовательные символы Уолша в группе управления мощностью пропускаются как группа, что означает, что 6 символов Уолша, составляющие группу управления мощностью, в предпочтительном варианте, либо все пропускаются, либо все не пропускаются.

Таким образом, если параметр поиска предписывает, что множество символов Уолша должно быть накоплено во время работы канала трафика, то процесс поиска должен выравнивать каждую поисковую группу, чтобы начинать и закончить его в рамках одной группы управления мощностью. Управляющее слово, запоминаемое в буфере 346 управляющего слова, включает в себя бит выравнивания группы управления мощностью. С помощью бита выравнивания группы управления мощностью, установленного в единицу, что указывает на поиск канала трафика, процесс поиска синхронизирует по границе следующей группы управления мощностью вместо границы следующего сдвинутого символа Уолша.

Управляющее слово, запоминаемое в буфере 346 управляющего слова, также включает в себя бит включения фильтра обнаружения пика, упоминаемого ранее в связи с фиг. 8.

Устройство поиска работает либо в непрерывном режиме, либо в одношаговом режиме в соответствии с установкой бита "непрерывный /одношаговый" управляющего слова. В одношаговом режиме после выполнения поиска интегральный поисковый процессор 128 возвращается в состояние ожидания дальнейших инструкций. В непрерывном режиме интегральный поисковый процессор 128 постоянно осуществляет поиск, и в момент, когда в микропроцессор канального элемента 136 поступает сигнал о том, что получены результаты, интегральный поисковый процессор 128 начинает следующий поиск.

Блок управления поиском 166 формирует сигналы синхронизации, используемые для управления процессом поиска, который выполняется интегральным поисковым процессором 128. Блок управления поиском 166 посылает опорные синхросигналы с нулевым сдвигом в генераторы I- и Q-ПСП 202, 206 коротких кодов и генератор ПСП пользователя 204 длинного кода и сигнал включения на ключевую схему с фиксацией состояния разряжения 218 и сигнал выбора в мультиплексор 216 во входном каскаде устройства поиска 174. Он обеспечивает адреса считывания и записи для буфера 176 ПСП и буферов четных и нечетных элементов Уолша 168 и 170. Он выдает текущий сдвиг для управления работой устройства сжатия 178. Он обеспечивает опорную синхронизацию внутри интервала времени для процессора БПА 120 и определяет, использует ли процесс поиска или процесс демодуляции процессор БПА 120, путем управления мультиплексором 124 с входом БПА. Он обеспечивает несколько версий конкретных внутренних синхронизирующих стробов с конвейерной задержкой для логического блока управления процессора результатов поиска 254 по фиг. 12, разрешая ему просуммировать результаты сдвигов для

определенного числа накопленных символов Уолша. Блок управления поиском 166 обеспечивает регистр лучших результатов 250 конвейерным сдвигом и информацией для антенн, соответствующих запомненным значениям накопленной энергии.

Согласно фиг. 13, счетчик системного времени 342 синхронизируется по опорному синхросигналу с нулевым сдвигом. В предпочтительном варианте, как было подробно описано ранее, системный тактовый генератор работает с восьмикратной частотой элементов псевдослучайного кода. Имеется 256 псевдослучайных элементов в символе Уолша и 6 символов Уолша в группе управления мощностью, всего для $6 \times 256 \times 8 = 12288$ системных тактовых импульсов на одну группу управления мощностью.

Таким образом в предпочтительном варианте счетчик системного времени 342 содержит четырнадцатититный счетчик, который отсчитывает 12288 системных тактовых импульсов. Входная опорная синхронизация для генераторов I- и Q-ПСП 202, 206 коротких кодов и генератора ПСП пользователя 204 длинного кода по фиг.10 во входном каскаде устройства поиска 174 берется от счетчика системного времени 342. /Выходной сигнал генератора ПСП пользователя 204 длинных кодов также формируется на основе более длинных системных опорных синхросигналов, которые не повторяются примерно в течение 50 дней. Более длинный опорный сигнал не управляется со стороны процесса поиска и действует как заранее установленное значение. Продолжение функционирования с использованием заранее установленного значения управляется счетчиком системного времени 342. Адреса для буфера 176 ПСП и буферов 168 и 170 четных и нечетных элементов Уолша берутся от счетчика системного времени 342. Счетчик системного времени 342 фиксируется ключевой схемой 328 в начале каждого интервала времени. Выходной сигнал ключевой схемы с фиксацией 328 отбирается через адресные мультиплексоры 330,332 и 334, которые обеспечивают адреса записи, соответствующие текущему интервалу времени, когда в эти буферы осуществляется запись в некоторый более поздний момент внутри интервала времени.

Накопитель сдвига 310 отслеживает сдвиг обрабатываемого в данный момент элемента поисковой группы. Начальный сдвиг, хранящийся в буфере поискового сдвига 308, загружается в накопитель сдвига 310 при начале каждого поискового окна.

Накопитель сдвига 310 уменьшает свое значение с каждым элементом поисковой группы. В конце каждой поисковой группы, чтобы можно было повторить эту операцию для дальнейших накоплений, количество элементов на одну поисковую группу, хранящееся в буфере 312 ширины группы, вычитается из накопителя сдвига, чтобы привязать его снова к первому сдвигу в поисковой группе. Таким способом процесс поиска снова осуществляет развертку поисковой группы для накопления другого символа Уолша. Если процесс поиска осуществил развертку для текущей поисковой группы при накоплении последнего символа

Уолша, то накопитель сдвига 310 уменьшает свое значение на единицу путем выбора входа "-1" мультиплексора 304 повторной поисковой группы, который осуществляет сдвиг первого элемента в следующей поисковой группе.

Выходной сигнал накопителя сдвига 310 всегда представляет сдвиг обрабатываемого в данный момент элемента и поэтому используется для управления вводом данных в устройство сжатия 178. Выходной сигнал накопителя сдвига 310 суммируется сумматорами 336 и 338 с выходным сигналом внутренней синхронизации /по интервалам времени/ от счетчика системного времени 342 для генерирования последовательности адресов внутри интервала времени, соответствующего элементу поисковой группы. Выход сумматоров 336 и 338 отбирается через мультиплексоры 330 и 332 адресов для подачи на буфер антенных выборок 172 адресов считывания.

Выходной сигнал накопителя сдвига 310 также сравнивается компаратором 326 с выходным сигналом счетчика системного времени 342 для формирования строба сдвинутого символа Уолша, который указывает, что буфер 172 антенных выборок имеет достаточно правильных данных для начала процесса поиска.

Счетчик поисковой группы 320 отслеживает количество элементов, которое осталось обработать в текущей поисковой группе. Счетчик поисковой группы 320 загружается по ширине поискового окна, записанной в буфер 314 ширины поиска в начале поискового окна. Счетчик поисковой группы 320 увеличивает свое значение, после того как завершится процесс накопления последнего символа Уолша каждой поисковой группы. Когда будет достигнуто конечное значение счетчика, это значит, что все сдвиги в поисковом окне обработаны. Для обеспечения индикации о том, что близок конец текущего поискового окна выходной сигнал счетчика поисковой группы 320 суммируется с помощью сумматора 324 с выходным сигналом буфера 312 ширины поисковой группы. Индикация окончания поискового окна показывает время, с которого буфер 172 антенных выборок может начать заполняться выборками данных от другой антенны при подготовке к следующему поисковому окну без потери содержимого, необходимого для текущего поискового окна.

Когда микропроцессор канального элемента 136 задает параметры поискового окна, он может установить, что поисковое окно будет выполняться для множества антенн. В таком случае идентичные параметры поискового окна повторяются с использованием выборок от ряда антенн. Такая группа поисковых окон называется набором антенных поисков. Если набор антенных поисков определяется микропроцессором канального элемента 136, то этот антенный набор программируется с помощью значения, записанного в буфере выбора антенны 348. После завершения набора антенных поисков микропроцессор канального элемента 136 приводится в состояние готовности.

Счетчик элементов 318 поисковой группы содержит количество элементов, оставшихся для обработки в текущей поисковой группе.

Значение счетчика элементов возрастает на единицу с каждым обработанным элементом, и этот счетчик загружается выходным сигналом буфера 312 ширины поисковой группы, когда процесс поиска находится в состоянии ожидания или при завершении поисковой группы.

Счетчик накопления символов Уолша 322 подсчитывает количество символов Уолша, оставшихся для накопления в течение текущей поисковой группы. Этот счетчик загружается количеством символов Уолша для накопления, которое хранится в буфере 316 накопления символов Уолша, когда процесс поиска находится в состоянии ожидания или после завершения развертки поисковой группы при накоплении последнего символа Уолша. В противном случае счетчик при завершении каждой поисковой группы уменьшает свое значение.

Счетчик достоверности ввода 302 загружается всякий раз, когда изменяется входная антенна или настройка фильтра прореживания. Он загружается минимальным числом выборок, требуемым в процессе поиска для обработки поисковой группы, на основе выходного сигнала буфера 312 ширины поисковой группы /то есть одного символа Уолша плюс эквивалент ширины одной поисковой группы выборок/. Каждый раз, когда в буфер 172 антенных выборок записывается антенная выборка, значение счетчика достоверности ввода 302 возрастает на единицу. Когда счетчик достигает конечного значения, он посылает сигнал включения, разрешающий начало процесса поиска. Счетчик достоверности ввода 302 также обеспечивает механизм поддержания процесса поиска, когда сдвиги последующих поисковых окон не позволяют обеспечить непрерывную обработку данных.

Процесс поиска может находиться либо в состоянии ожидания, либо синхронизации, либо в активном состоянии. Блок управления упорядочением поиска 350 поддерживает текущее состояние. Интегральный поисковый процессор 128 использует состояние ожидания, когда на модем канального элемента 110 подается сигнал сброса. Во время состояния ожидания все счетчики и накопители в блоке управления поиском 166 загружаются соответствующими параметрами поиска, как было описано выше. Как только микропроцессор канального элемента 136 с помощью управляющего слова дает команды процессу поиска начинать непрерывный или одношаговый поиск, интегральный поисковый процессор 128 переходит в состояние синхронизации.

В состоянии синхронизации процесс поиска всегда ожидает границы сдвинутого символа Уолша. Если данные в буфере антенных выборок еще недостоверны или если установлен бит настройки группы управления мощностью и символ Уолша находится не на границе группы управления мощностью, то тогда интегральный поисковый процессор 128 остается в состоянии синхронизации, пока не возникнут соответствующие условия на границе следующего сдвинутого символа Уолша. При наличии соответствующего сдвинутого символа Уолша процесс поиска может перейти в активное состояние.

Интегральный поисковый процессор 128

остается в активном состоянии, пока он не обработает поисковую группу, и в этот момент он возвращается в состояние синхронизации. Если интегральный поисковый процессор 128 находится в одношаговом режиме, он может перейти из активного состояния в состояние ожидания после завершения последнего элемента поисковой группы для окончательного накопления символов Уолша для последней поисковой группы в поисковом окне. Затем интегральный поисковый процессор 128 ожидает команды от микропроцессора канального элемента 136, чтобы инициировать другой поиск. Если же интегральный поисковый процессор 128 находится в непрерывном режиме, то тогда в этот момент он загружает новый набор параметров поиска и возвращается в состояние синхронизации для ожидания сдвинутого символа Уолша с начальным сдвигом, подлежащего обработке при новом поиске. Активное состояние - это единственное состояние, в котором обрабатываются выборки антенных данных. В состояниях ожидания или синхронизации процесс поиска просто отслеживает время с помощью счетчика системного времени 342 и продолжает запись в буфер 176 ПСП и буфер 172 антенных выборок, так что, когда процесс поиска переходит в активное состояние, эти буферы будут готовы для использования.

На фиг. 14 в качестве примера показана временная диаграмма накопления первого символа Уолша второй поисковой группы в поисковом окне, например, в виде поисковой группы, показанной на фиг. 9. Третий символ Уолша, называемый опорным системным тактовым импульсом с нулевым сдвигом, показан разделенным на тридцать два интервала времени. Состояние поиска 372 изменяется от состояния синхронизации до активного, когда индикация границы сдвинутого символа Уолша, соответствующая символу Уолша 3, указывает, что буфер 172 антенных выборок готов с достоверными выборками к обработке на данном сдвиге. Во время следующего интервала времени обрабатывается первый элемент поисковой группы. Процесс поиска продолжается с использованием каждого интервала времени для обработки элемента поисковой группы, как показано символом "S" в интервалах времени 374, если входной каскад демодулятора 122 не использует процессор БПА 120, что показано символом "D" в интервалах времени 374. Процесс поиска заканчивает обработку каждого элемента в поисковой группе и возвращается в состояние синхронизации перед границей следующего сдвинутого символа Уолша, соответствующего символу Уолша 4. Также показано состояние счетчика поисковой группы 362, возрастающее в активном состоянии, пока оно не достигнет конечного состояния, указывающего на то, что обработана вся поисковая группа. Здесь показано возрастающее состояние счетчика сдвига 364 между интервалами времени, соответствующими элементу поисковой группы, так что это можно использовать для получения адреса считывания сдвига буфера выборки в течение интервала времени. Состояние счетчика сдвига 364 конвейерно задерживается в виде подсчета сдвига для регистра лучших результатов 366. Счетчик

сдвига 368 получает приращения в процессе накопления конечного символа Уолша 370.

Таким образом, конфигурация однокристалльного поискового процессора благодаря буферизации антенных выборок и использованию процессора преобразования с квантованием времени может независимо устанавливать последовательность поиска, определяемую набором параметров поиска, анализировать результаты и представлять суммарный отчет о лучших траекториях, чтобы использовать их для повторного расширения элемента демодуляции. Это уменьшает относительную нагрузку на управляющий микропроцессор, так что можно использовать более дешевый микропроцессор, а также уменьшает непосредственные затраты на интегральные микросхемы, давая возможность выполнить весь модем канального элемента на одной микросхеме.

Описанные здесь общие принципы могут быть использованы в системах, где применяются альтернативные схемы передачи. Вышеуказанное описание основывалось на приеме сигнала обратного тракта, где отсутствует пилот-сигнал. По прямому тракту согласно предпочтительному варианту базовая станция передает пилот-сигнал. Пилот-сигнал - это сигнал, несущий известные данные, поэтому отпадает необходимость в процедуре БПА, используемой для определения того, какие данные были переданы. Для воплощения настоящего изобретения интегральный поисковый процессор для приема сигнала, содержащего пилот-сигнал, не содержит процессор БПА и не использует функцию обнаружения максимума. Процессор БПА и детектор максимума 160 на фиг. 5 могут быть заменены, например, простым накопителем 125, показанным на фиг. 15. Операция поиска при наличии пилот-сигнала аналогична операции поиска канала доступа в режиме захвата, описанном выше.

Вышеописанная архитектура поиска может быть использована для выполнения поисков самыми разными способами. Наиболее эффективным является линейный поиск. Линейный поиск выполняется путем линейного поиска потенциальных временных сдвигов в порядке, не зависящем от вероятности того, что удаленное устройство радиосвязи ведет передачу. При поиске сигнала удаленного устройства радиосвязи базовая станция должна знать ожидаемый диапазон зоны действия. Например, в предпочтительном варианте обычная базовая станция покрывает диапазон порядка 50 километров, что подразумевает наличие задержки, связанной с подтверждением приема, 350 микросекунд или примерно 430 элементов псевдослучайного кода. Также в среде многолучевого распространения, где сигналы имеют не прямые траектории, сигнал удаленного устройства радиосвязи может быть задержан чуть ли не вдвое по сравнению с прямой траекторией распространения, имея в виду, что поиск должен вестись по набору из почти 1000 различных сдвигов псевдослучайного сигнала. При обнаружении сигнала удаленного устройства радиосвязи он демодулируется и становится известным примерное расстояние до удаленного устройства радиосвязи. В связи с этим

возможные сдвиги псевдослучайного сигнала, которые необходимо определить, чтобы обеспечить обнаружение большинства достоверных многолучевых сигналов, существенно уменьшаются.

В рамках данного поиска по группе управления мощностью имеются три причины, по которым сигнал не может быть обнаружен при данном сдвиге псевдослучайного сигнала. Во-первых, сигнал может не прийти с заданным сдвигом. Удаленное устройство радиосвязи может выдать несколько сигналов многолучевого распространения, но количество создаваемых многолучевых сигналов составляет лишь очень малую часть от всех сдвигов, которые подвергаются поиску. Таким образом, большинство сдвигов превышают порог обнаружения, потому что нет сигнала удаленного устройства радиосвязи с данным сдвигом.

Во-вторых, сигнал может поступать с заданным сдвигом псевдослучайного сигнала, но с замиранием на протяжении большей части всего времени поиска. Как пояснялось выше, характеристики многолучевого распространения радиоканала могут привести к замиранию сигнала. Замирание определяется характеристиками фазирования канала с многолучевым распространением. Замирание появляется, когда векторы многолучевого распространения суммируются неблагоприятным образом, образуя принимаемый сигнал, по уровню меньший, чем любой отдельный вектор. Таким образом, если сигнал, который долгое время был достоверным, вдруг сильно замирает во время проведения поиска, то он не сможет быть обнаружен в процессе поиска.

В третьих, сигнал может поступить с заданным сдвигом псевдослучайного сигнала, но в случае, когда передатчик удаленного устройства радиосвязи в рассматриваемый период времени не передает сигнал. Как пояснялось выше, в предпочтительном варианте удаленное устройство радиосвязи формирует пакетный сигнал. Удаленное устройство радиосвязи содержит вокодер с регулируемой частотой, который формирует блоки данных с изменяемой частотой. Рандомизатор пакета данных определяет, в течение каких периодов времени удаленное устройство радиосвязи ведет передачу и в течение каких периодов времени он не ведет передачу данных, выдавая скорость передачи данных сигнала, подлежащего передаче, конкретный идентификационный номер удаленного устройства радиосвязи и время суток. При работе с частотой меньшей полной частоты, рандомизатор пакета данных в удаленном устройстве радиосвязи распределяет случайным образом периоды активного времени внутри пакета передачи. Соответствующий рандомизатор пакета данных также включается в состав базовой станции, так что базовая станция может воссоздать псевдослучайное распределение на основе времени суток и конкретного идентификационного номера удаленного устройства радиосвязи, но во время процесса поиска отсутствует информация о скорости передачи. Как было отмечено выше, периоды времени восьмикратной частоты определяют так называемую совершенную группу временных интервалов. Таким путем, независимо от скорости данных в

передаваемом сигнале, каждый временной период, соответствующий совершенной группе, точно соответствует интервалу времени, когда соответствующее удаленное устройство радиосвязи передавало сигнал. Во время всех других временных интервалов удаленное устройство радиосвязи может передавать или не передавать данные в зависимости от соответствующей скорости кодирования.

Если установлен линейный поиск, для того чтобы получить достоверные измерения мощности, то процесс поиска ограничивает полное время поиска /то есть количество накопленных символов Уолша на одном поисковом сдвиге/, чтобы начать и закончить поиск в границах одной группы управления мощностью, как более подробно объяснялось выше. Считается, что поиск, идущий только внутри одной группы управления мощностью, синхронизирован с границами группы управления мощностью. Если процесс поиска с данным сдвигом накапливался безотносительно границ группы управления мощностью и удаленное устройство радиосвязи передавало со скоростью, меньшей полной скорости, то достоверные результаты поиска, соответствующие группе управления мощностью, где стробировался сигнал удаленного устройства радиосвязи, могут быть просуммированы с шумом, накопленным во время следующей группы управления мощностью, когда сигнал от удаленного устройства радиосвязи не проходил. Суммирование результатов поиска, соответствующих группе управления мощностью, когда сигнал удаленного устройства радиосвязи не проходил, разрушает полезные результаты, накопленные во время управления мощностью, когда сигнал удаленного модуля стробировался.

Один из способов поиска можно использовать для поиска только тех групп управления мощностью, которые соответствуют совершенным группам. Даже если выполняется поиск только совершенной группы, процесс поиска и процесс распределения элементов демодуляции должен быть в состоянии обработать ситуацию, при которой накопленная энергия не превышает порог обнаружения, но в действительности сигнал со сдвигом присутствует благодаря характеристикам непредсказуемого замирания канала. Таким образом, есть более эффективная схема для накопления энергии во всех группах управления мощностью, независимо от того, соответствуют или нет они совершенным группам. Если при поиске обнаруживается энергия, которая не соответствует совершенной группе, генерируются дополнительные достоверные данные в добавление к данным, генерируемым на основе поиска только совершенной группы.

Как отмечалось выше, поиск преамбулы отличается от поиска, выполняемого во время работы канала трафика. Когда удаленное устройство радиосвязи изначально пытается получить доступ в систему, он посылает сигнал радиомаяка, называемый преамбулой, в котором используется нулевой символ Уолша. Нулевой символ Уолша - это символ Уолша, который содержит все логические нули вместо половины единиц и половины

нулей, как описывалось выше. При выполнении поиска преамбулы поисковое устройство ищет любое удаленное устройство радиосвязи, посылающее сигнал радиомаяка из нулевых символов Уолша по каналу доступа. В предпочтительном варианте передача преамбулы всегда идет с полной скоростью и никогда не прерывается. Таким образом, во время поиска преамбулы нет необходимости в синхронизации с границами группы управления мощностью.

Существует множество конфигураций систем связи с коллективным доступом и расширенным спектром, подробно здесь не описанных, но в которых применимо настоящее изобретение. Например, вместо кодирования Уолша и декодирования с использованием БПА можно было бы использовать другие методы кодирования и декодирования. Предыдущее описание предпочтительных вариантов предназначено для того, чтобы специалисты могли осуществить и использовать настоящее изобретение. Специалистам должны быть очевидны различные модификации этих вариантов, а сформулированные здесь исходные принципы могут быть применены в других вариантах без использования изобретательских способностей. Таким образом, предполагается, что настоящее изобретение не ограничивается показанными здесь вариантами его осуществления, а должно соответствовать самому широкому объему, согласующемуся с раскрытыми здесь принципами и новыми признаками.

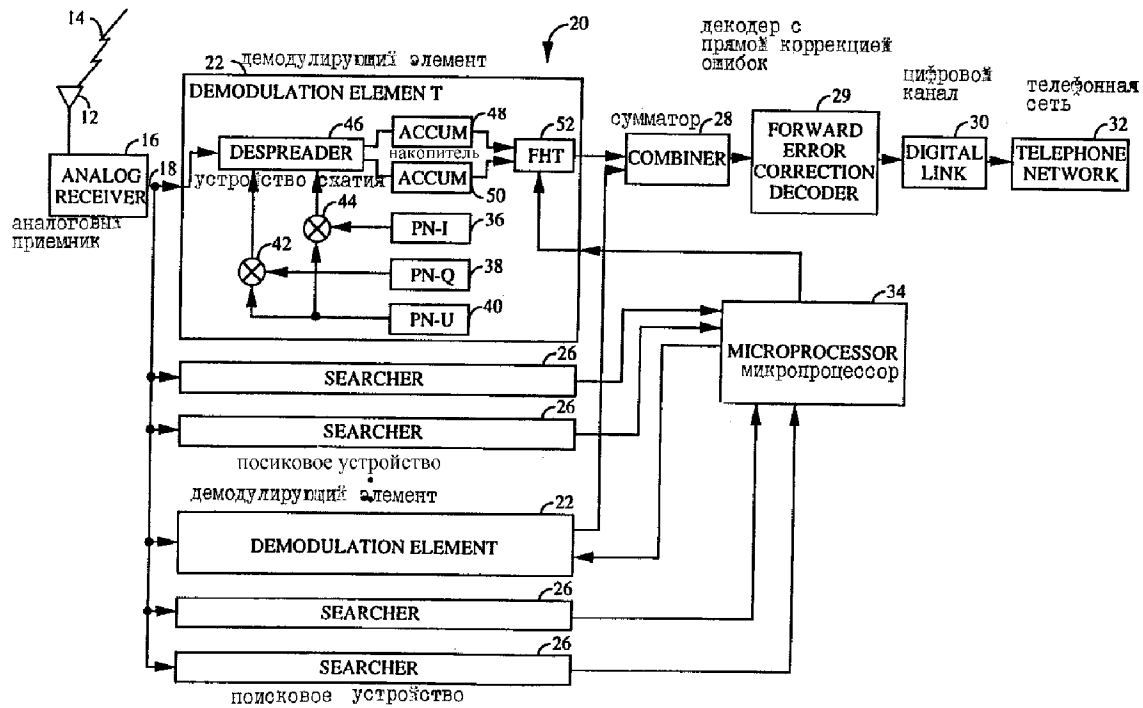
Формула изобретения:

1. Способ приема сигнала, содержащего группу сигналов вызовов с расширенным спектром, совместно использующих общую полосу частот, в котором каждый из указанных сигналов вызовов с расширенным спектром содержит последовательность бит, закодированных в группах фиксированной длины в виде последовательности символов, причем последовательность указанных символов группируется вместе в группы управления, мощностью, где каждый символ в общей группе управления мощностью передается с общим уровнем мощности, и указанные группы управления мощностью передаются в пакетах, и выделения одного из указанных сигналов вызова из указанной группы для определения уровня сигнала вызова с временным сдвигом из-за задержки на трассе распространения по отношению к опорному времени с нулевым сдвигом, отличающийся тем, что способ включает этапы, при которых осуществляют запоминание бит данных псевдослучайной последовательности (ПСП) в буфере ПСП, запоминание первого принятого набора выборки сигналов вызовов в буфере выборки, имеющем ограниченную емкость, сжатие набора первой фиксированной длины из указанных выборок сигналов вызовов из буфера выборки, соответствующих первому времени задержки на трассе распространения, с помощью первого набора бит данных ПСП из буфера ПСП для получения первого сжатого выходного сигнала, запоминание второго принятого набора выборки сигналов вызовов в буфере выборки, сжатие набора второй фиксированной длины из выборок сигналов вызовов из буфера выборки,

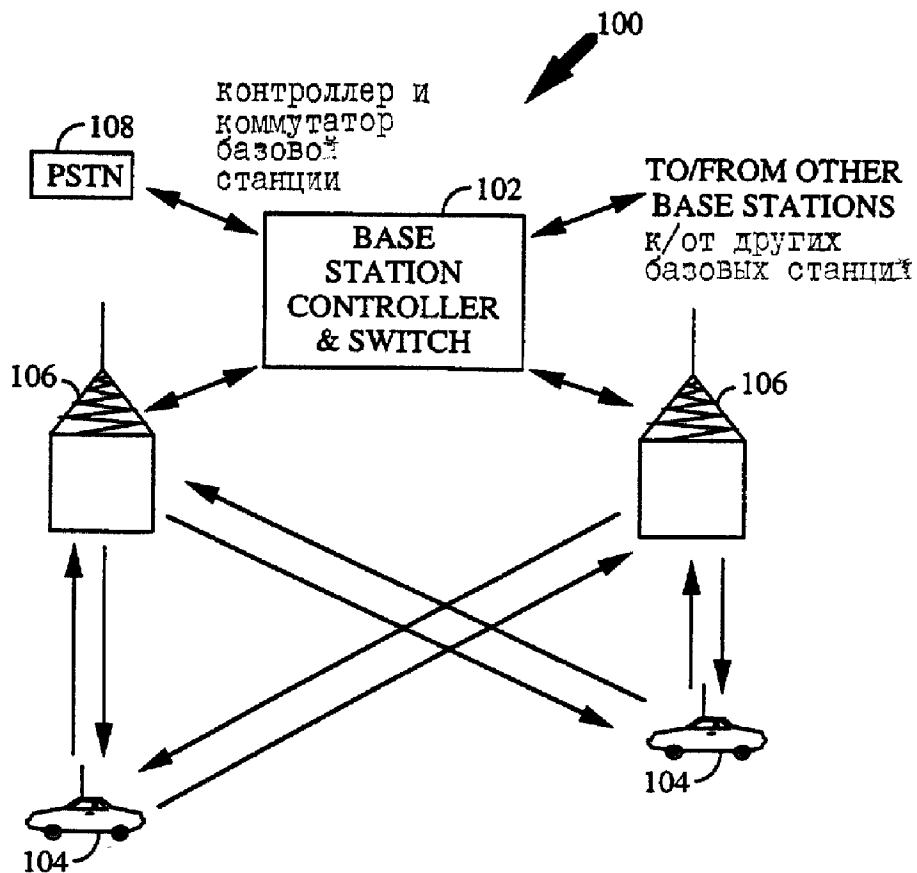
соответствующих второму времени задержки на трассе распространения, с помощью первого набора бит данных ПСП из указанного буфера ПСП для получения второго сжатого выходного сигнала, при этом набор второй фиксированной длины из выборок сигналов вызовов содержит большое число таких же выборок сигналов вызовов, что и набор первой фиксированной длины из выборок сигналов вызовов, длина первого и второго принятых наборов выборок сигналов вызовов является частью фиксированной длины набора первой и второй фиксированной длины из выборок сигналов вызовов, причем этапы запоминания набора первой и второй фиксированной длины из выборок сигналов вызовов и этапы сжатия набора первой и второй фиксированной длины из выборок сигналов вызовов выполняются независимо от вероятности того, что один из сигналов вызовов содержит одну из групп управления мощностью.

2. Способ приема сигнала, содержащего группу сигналов вызовов с расширенным спектром, совместно использующих общую полосу частот, и выделения первого сигнала из группы сигналов с расширенным спектром для определения уровня сигнала с временным сдвигом из-за задержки на трассе распространения по отношению к опорному времени с нулевым сдвигом первого сигнала, причем первый сигнал содержит последовательность символов, которая группируется вместе в набор символов, каждый символ в общем наборе символов передается с фиксированным уровнем

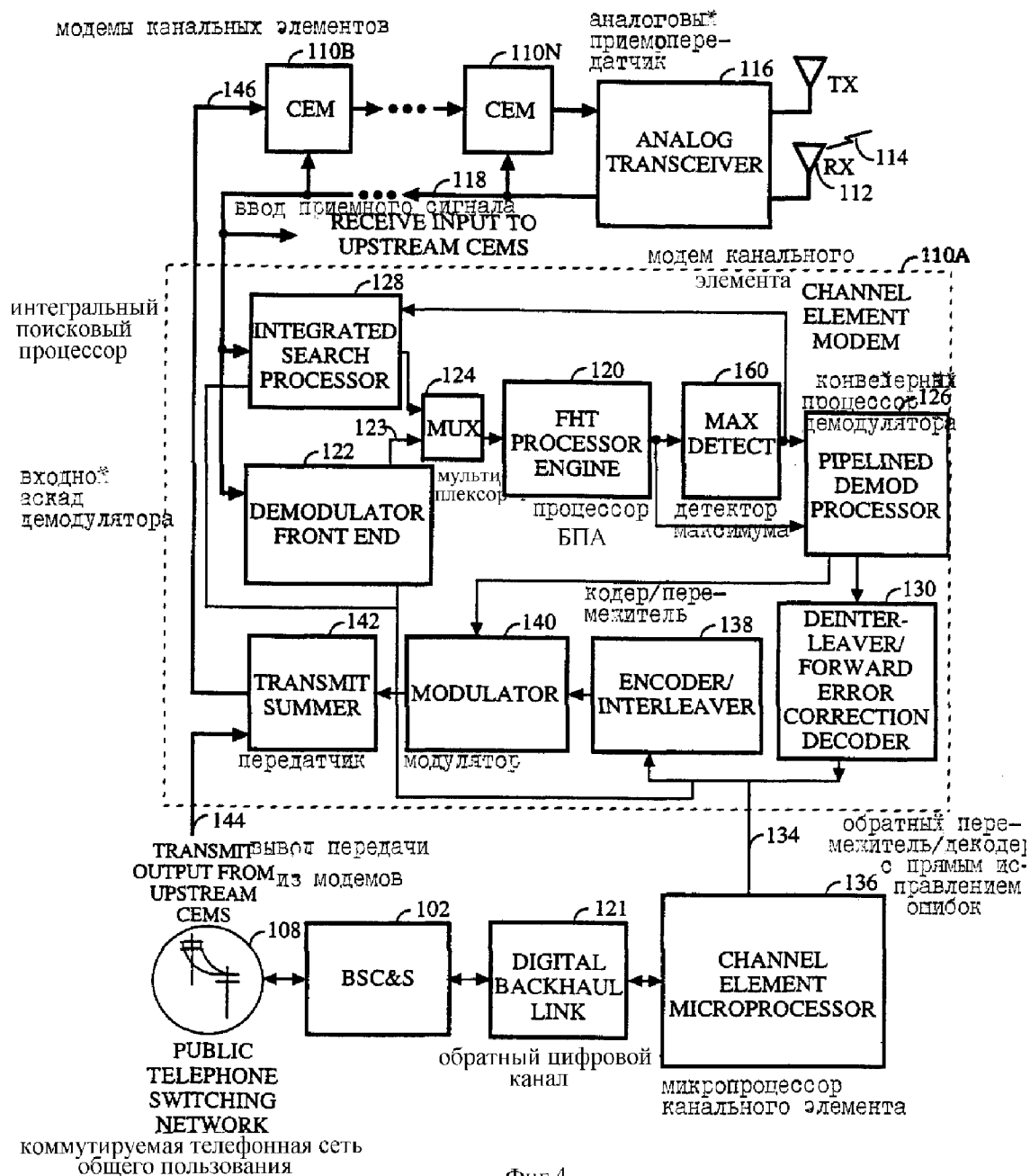
мощности, а последовательные наборы символов могут передаваться с различными уровнями сигнала, причем указанные различные уровни сигнала включают в себя нулевой уровень, когда передача первого сигнала прерывается, отличающийся тем, что включает этапы, при которых осуществляют поиск первого набора выборок сигналов вызовов, соответствующего первому набору символов для первого сигнала с первым сдвигом для получения первой оценки его мощности, поиск второго набора выборок сигналов вызовов, соответствующих первому набору символов для первого сигнала с первым сдвигом для получения второй оценки его мощности, суммирование первой и второй оценок мощности для получения оценки уровня мощности набора символов с первым сдвигом, поиск третьего набора выборок сигналов вызовов, соответствующего второму набору символов для первого сигнала со вторым сдвигом для получения третьей оценки его мощности, поиск четвертого набора выборок сигналов вызовов, соответствующего второму набору символов для первого сигнала с вторым сдвигом для получения четвертой оценки его мощности и суммирование третьей и четвертой оценок мощности для получения оценки уровня мощности набора символов с вторым сдвигом, при этом первый набор символов и второй набор символов соответствуют наборам смежных во времени символов, причем этапы поиска выполняются непрерывно независимо от фиксированного уровня мощности.



Фиг.2



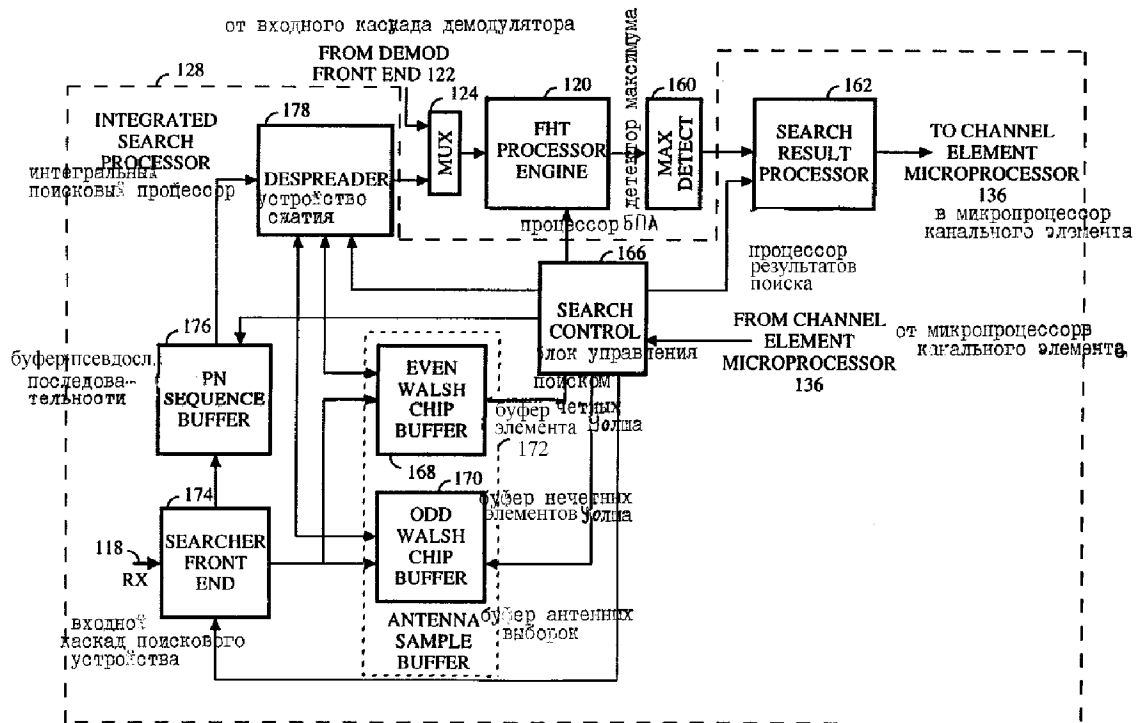
Фиг.3



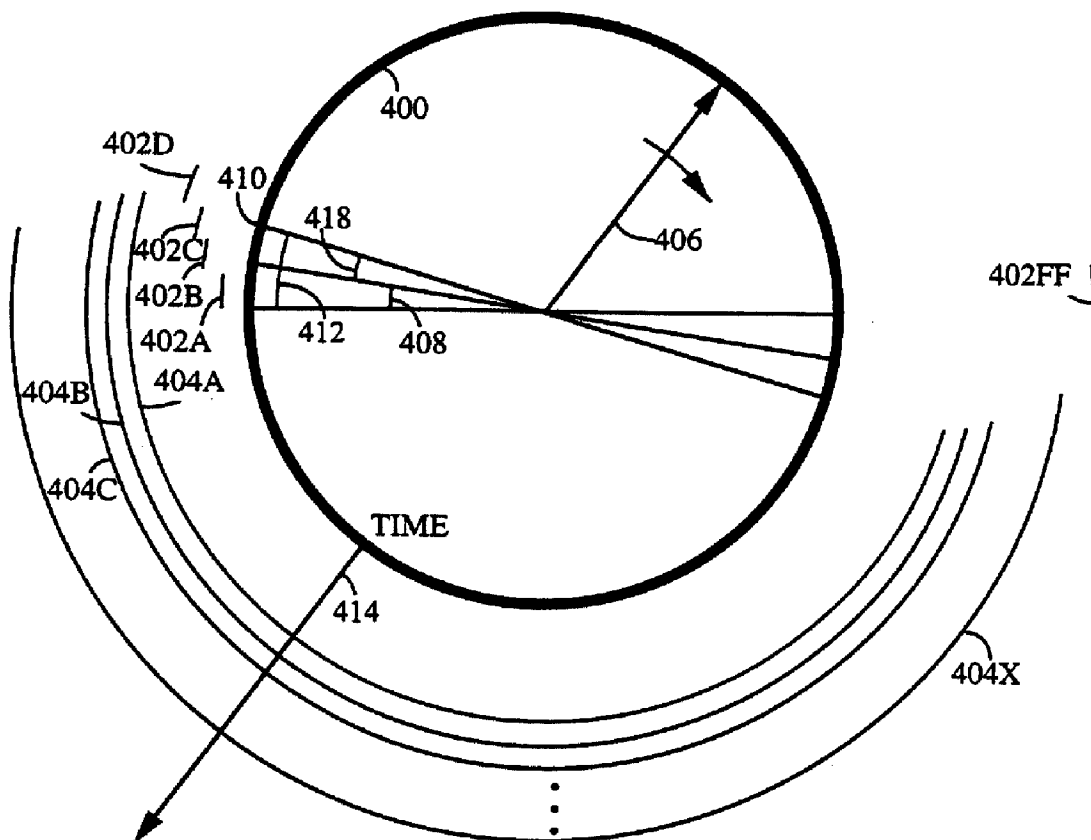
Фиг.4

RU 2157592 C2

RU 2157592 C2



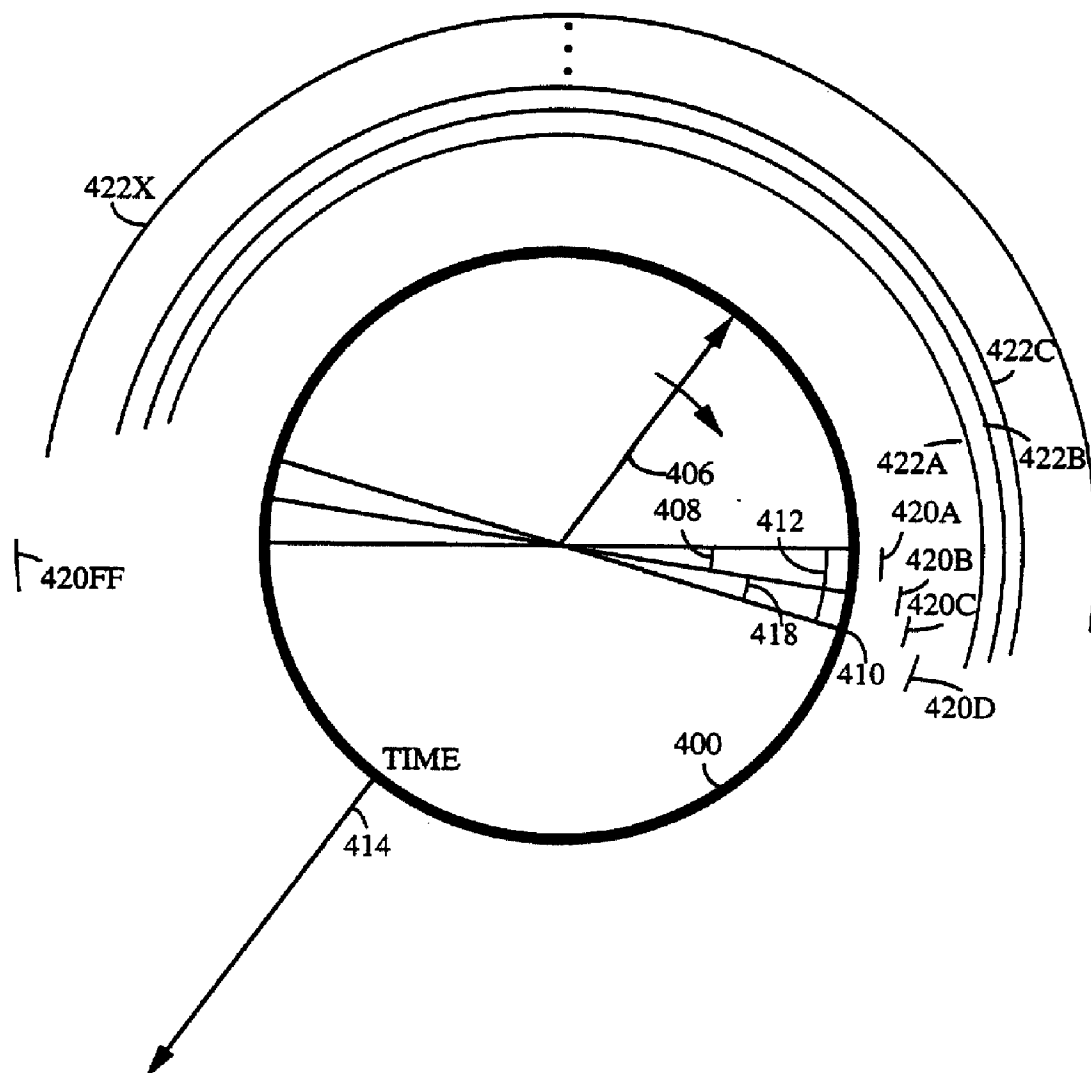
Фиг.5



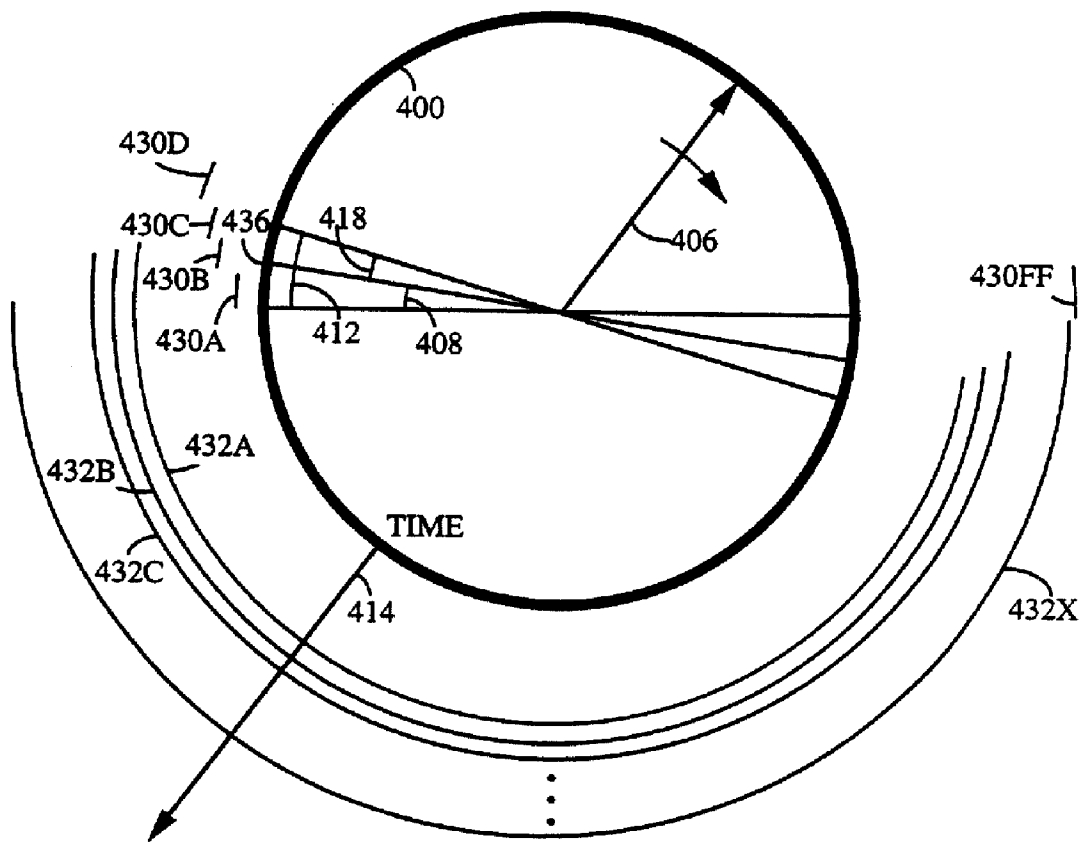
Фиг.6

RU 2157592 C2

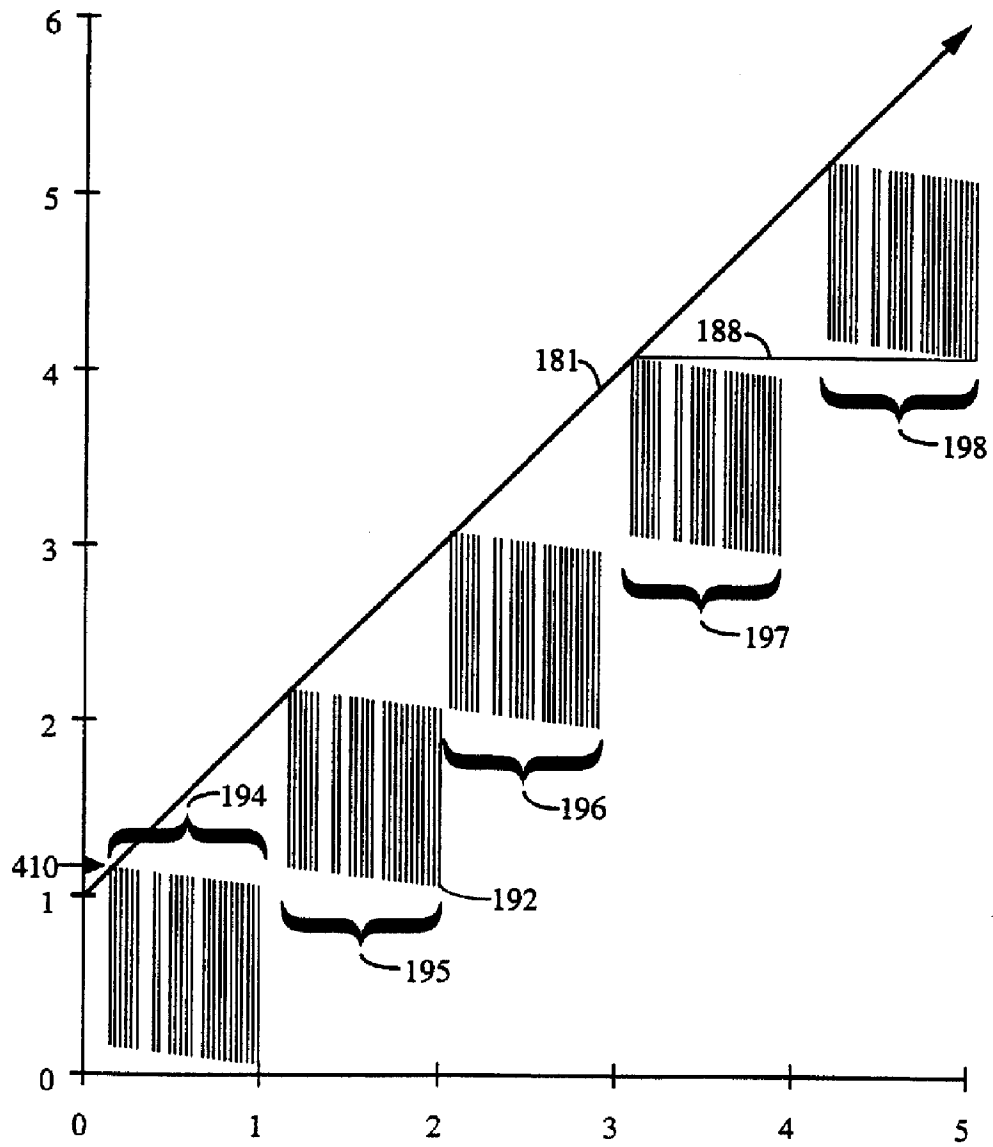
RU 2157592 C2



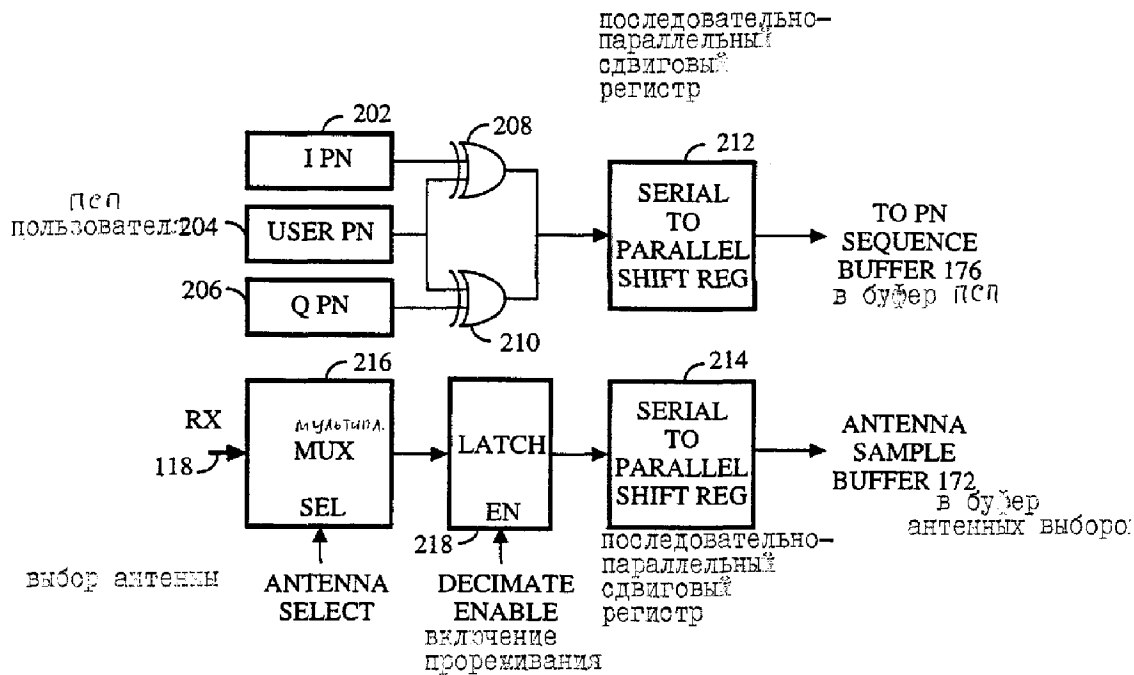
Фиг.7



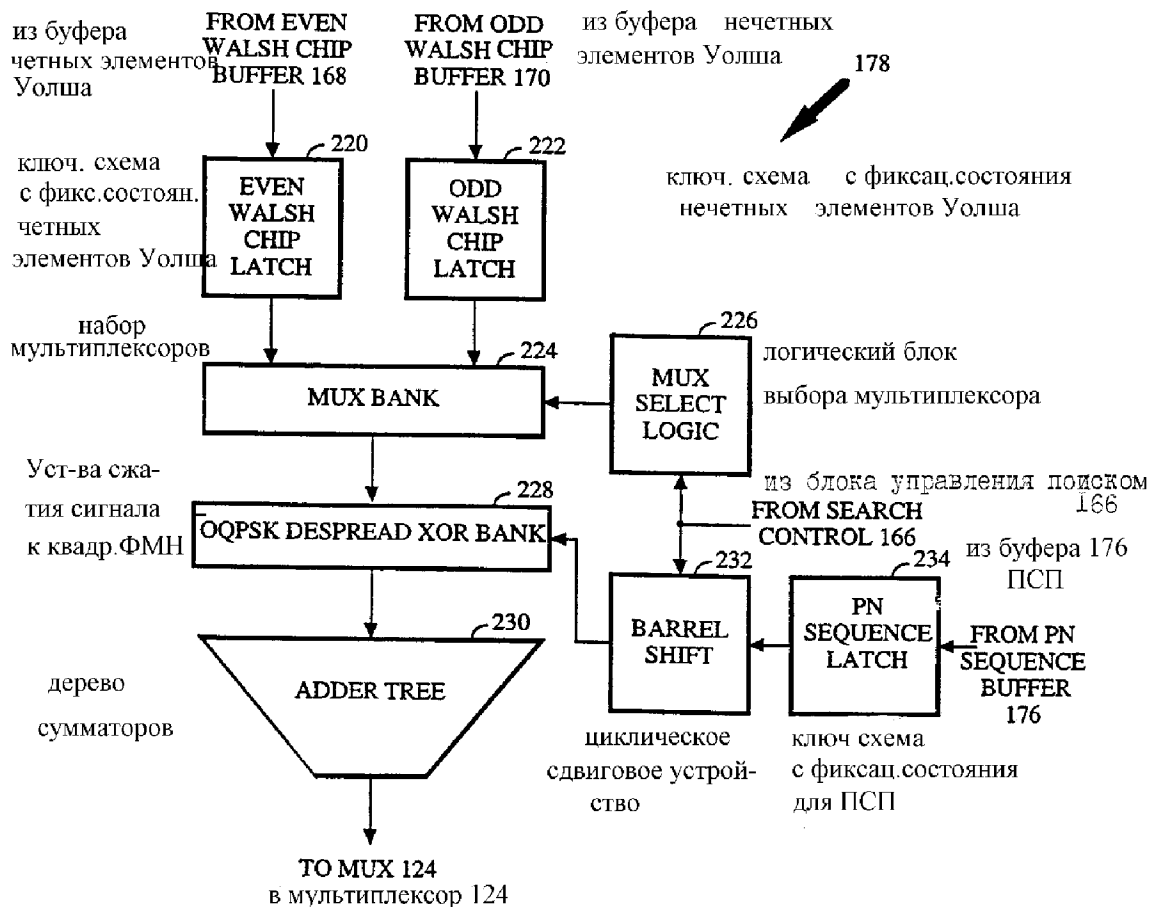
Фиг. 8



Фиг.9

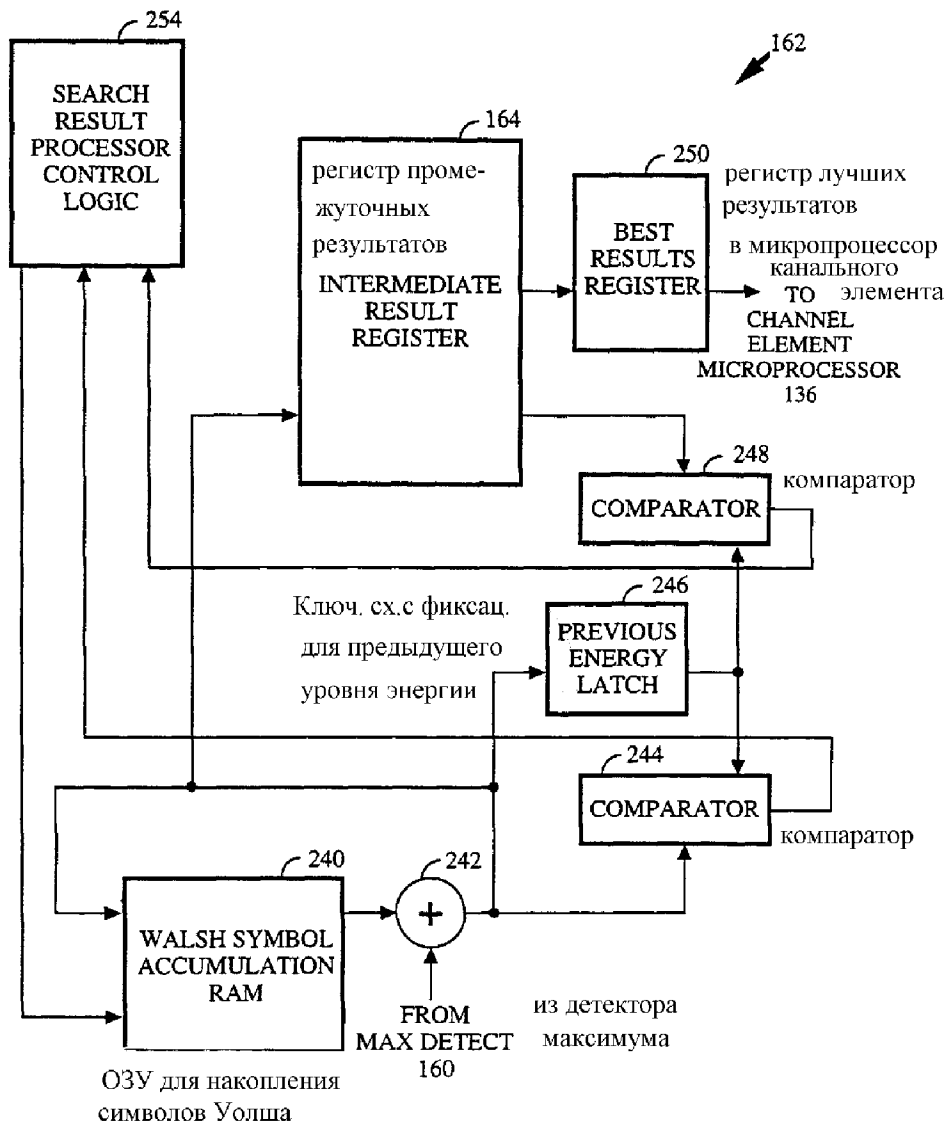


Фиг.10



Фиг.11

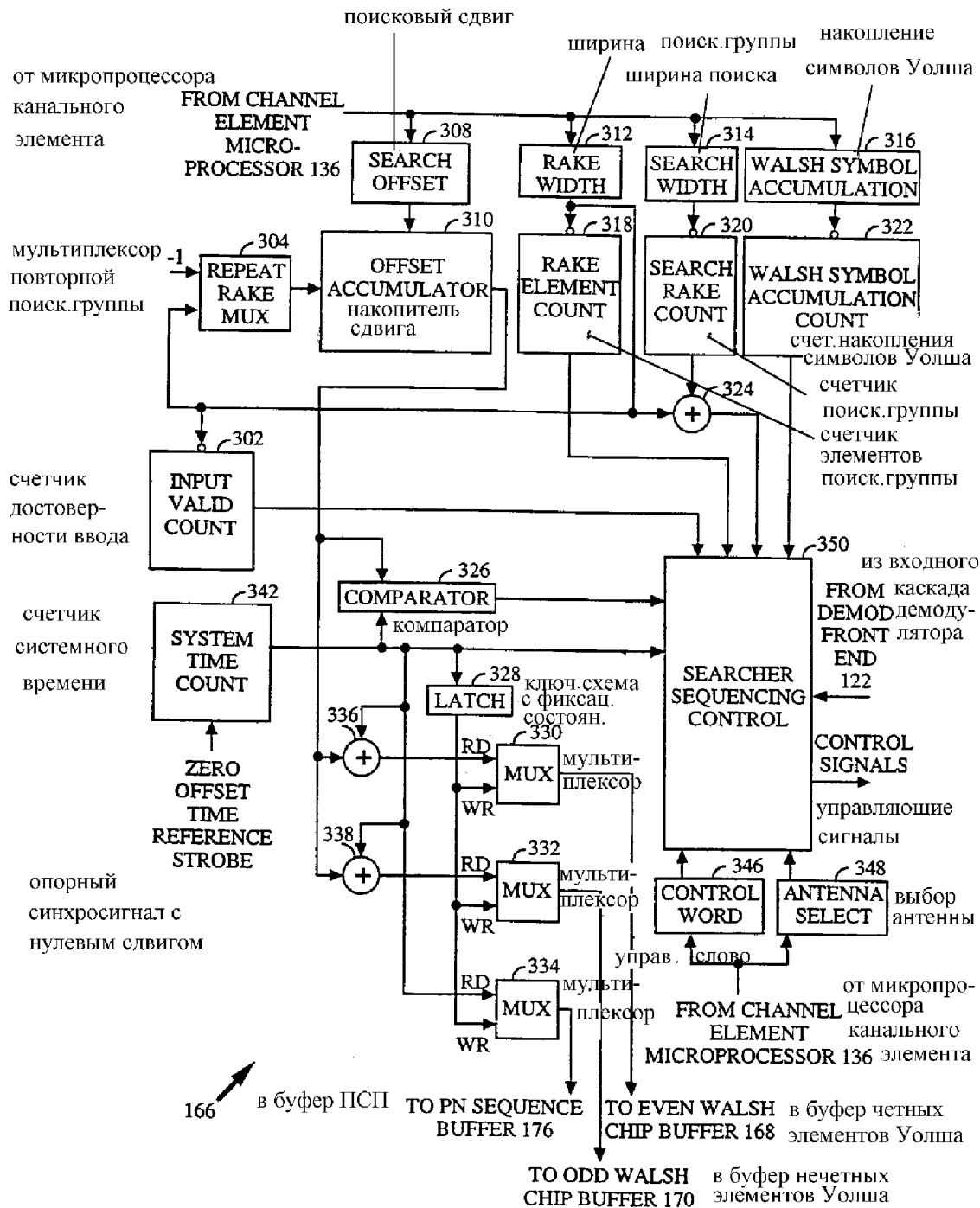
логический блок управления
процесс. результ. поиска



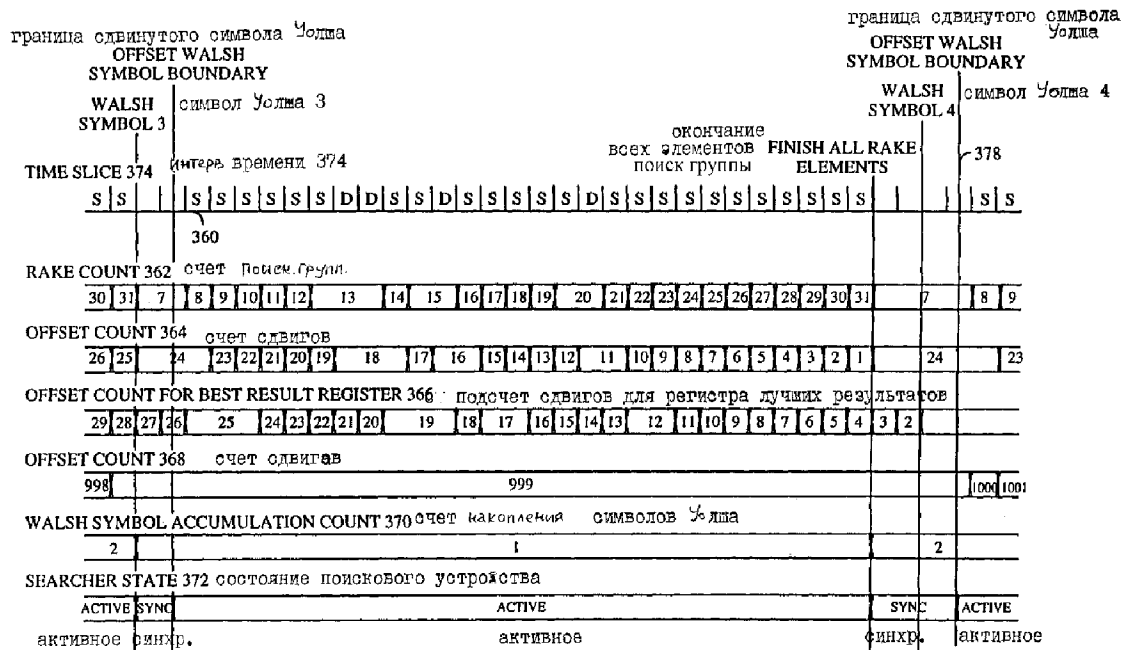
Фиг.12

RU 2157592 C2

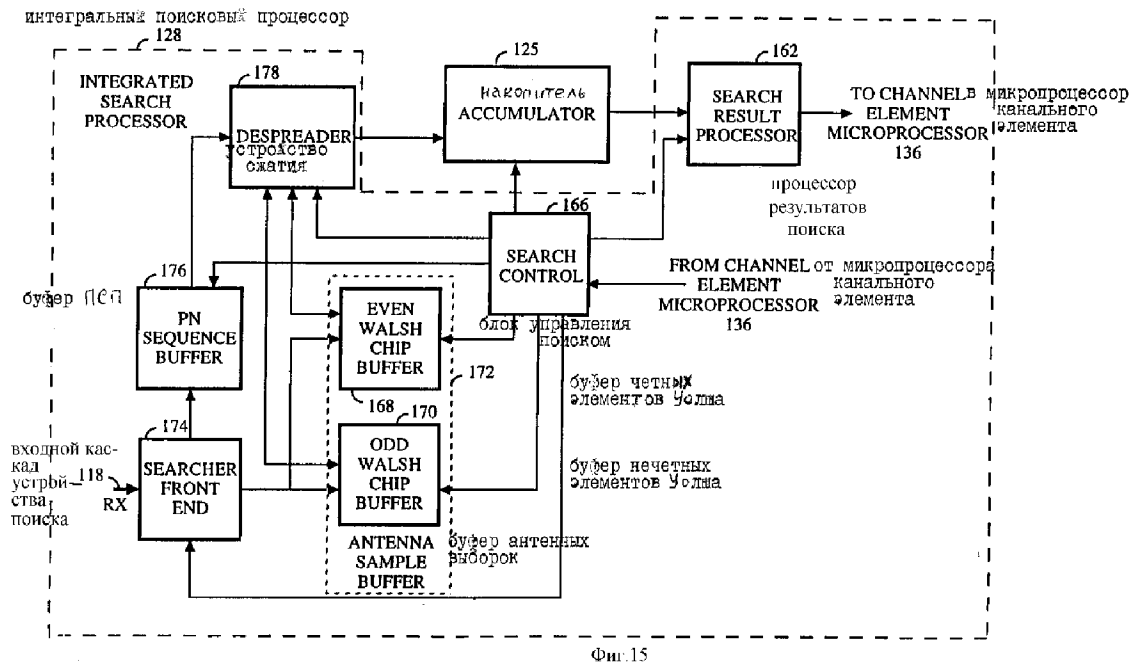
RU 2157592 C2



Фиг.13



Фиг. 14



Фиг. 15

RU 2157592 C2

RU 2157592 C2



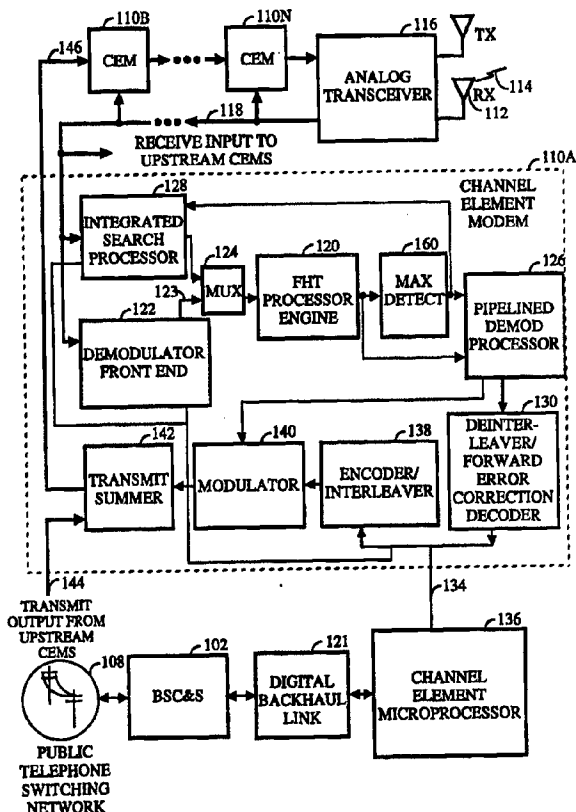
INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification ⁶ : H04B 7/26, 1/707	A1	(11) International Publication Number: WO 96/35268 (43) International Publication Date: 7 November 1996 (07.11.96)
(21) International Application Number: PCT/US96/07567 (22) International Filing Date: 2 May 1996 (02.05.96) (30) Priority Data: 436,029 5 May 1995 (05.05.95) US (71) Applicant: QUALCOMM INCORPORATED [US/US]; 6455 Lusk Boulevard, San Diego, CA 92121 (US). (72) Inventors: ZIV, Noam, A.; 10968 Corte Playa Barcelona, San Diego, CA 92124 (US). PADOVANI, Roberto; 13593 Penfield Point, San Diego, CA 92130 (US). LEVIN, Jeffrey, A.; 12549 Maestro Court, San Diego, CA 92130 (US). EASTON, Kenneth, D.; 7379 Calle Cristobal #217, San Diego, CA 92126 (US). (74) Agent: MILLER, Russell, B.; Qualcomm Incorporated, 6455 Lusk Boulevard, San Diego, CA 92121 (US).		(81) Designated States: AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, ARIPO patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Published <i>With international search report.</i> <i>Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.</i>

(54) Title: METHOD OF RECEIVING AND SEARCHING A SIGNAL TRANSMITTING IN BURSTS

(57) Abstract

An integrated search processor (128) used in a modem (110) for a spread spectrum communications system buffers in a buffer (172) received signals samples and utilizes a time sliced transform processor (120) operating on successive offsets from the buffer (172). The search processor (128) autonomously steps through a search as configured by a microprocessor (136) specified search parameter set, which can include the group of antennas to search over, the starting offset and width of the search window to search over, and the number of Walsh symbols to accumulate results at each offset. The search processor (128) calculates the correlation energy at each offset, and presents a summary report of the best paths found in the search to use for demodulation element (122) reassignment. The search is done in a linear fashion independent of the probability that a signal being searched for was transmitted at any given time.



FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AM	Armenia	GB	United Kingdom	MW	Malawi
AT	Austria	GE	Georgia	MX	Mexico
AU	Australia	GN	Guinea	NE	Niger
BB	Barbados	GR	Greece	NL	Netherlands
BE	Belgium	HU	Hungary	NO	Norway
BF	Burkina Faso	IE	Ireland	NZ	New Zealand
BG	Bulgaria	IT	Italy	PL	Poland
BJ	Benin	JP	Japan	PT	Portugal
BR	Brazil	KE	Kenya	RO	Romania
BY	Belarus	KG	Kyrgyzstan	RU	Russian Federation
CA	Canada	KP	Democratic People's Republic of Korea	SD	Sudan
CF	Central African Republic	KR	Republic of Korea	SE	Sweden
CG	Congo	KZ	Kazakhstan	SG	Singapore
CH	Switzerland	LI	Liechtenstein	SI	Slovenia
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SK	Slovakia
CM	Cameroon	LR	Liberia	SN	Senegal
CN	China	LT	Lithuania	SZ	Swaziland
CS	Czechoslovakia	LU	Luxembourg	TD	Chad
CZ	Czech Republic	LV	Latvia	TG	Togo
DE	Germany	MC	Monaco	TJ	Tajikistan
DK	Denmark	MD	Republic of Moldova	TT	Trinidad and Tobago
EE	Estonia	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Spain	ML	Mali	UG	Uganda
FI	Finland	MN	Mongolia	US	United States of America
FR	France	MR	Mauritania	UZ	Uzbekistan
GA	Gabon			VN	Viet Nam

METHOD OF RECEIVING AND SEARCHING A SIGNAL TRANSMITTED IN BURSTS

BACKGROUND OF THE INVENTION

5

I. Field of the Invention

The present application is a continuation-in-part application of
copingending U.S. Patent Application Serial No. 08/316,177, filed September 30,
10 1994, entitled MULTIPATH SEARCH PROCESSOR FOR A SPREAD
SPECTRUM MULTIPLE ACCESS COMMUNICATION SYSTEM. The present
invention relates generally to spread spectrum communication systems and,
more particularly, to signal processing in a cellular telephone communication
system.

15

II. Description of the Related Art

In a wireless telephone communication system such as cellular
telephone systems, personal communications systems, and wireless local loop
20 system, many users communicate over a wireless channel to connect to
wireline telephone systems. Communication over the wireless channel can
be one of a variety of multiple access techniques which facilitate a large
number of users in a limited frequency spectrum. These multiple access
techniques include time division multiple access (TDMA), frequency division
25 multiple access (FDMA), and code division multiple access (CDMA). The
CDMA technique has many advantages and an exemplary CDMA system is
described in U.S. Patent No. 4,901,307 issued February 13, 1990 to K. Gilhousen
et al., entitled "SPREAD SPECTRUM MULTIPLE ACCESS
COMMUNICATION SYSTEM USING SATELLITE OR TERRESTRIAL
30 REPEATERS," assigned to the assignee of the present invention and
incorporated herein by reference.

In the just mentioned patent, a multiple access technique is disclosed
where a large number of mobile telephone system users, each having a
transceiver, communicate through satellite repeaters or terrestrial base
35 stations using CDMA spread spectrum communication signals. In using
CDMA communications, the frequency spectrum can be reused multiple
times thus permitting an increase in system user capacity.

The CDMA modulation techniques disclosed in U.S. Patent
No. 4,901,307 offer many advantages over narrow band modulation
40 techniques used in communication systems using satellite or terrestrial
channels. The terrestrial channel poses special problems to any

communication system particularly with respect to multipath signals. The use of CDMA techniques permits the special problems of the terrestrial channel to be overcome by mitigating the adverse effect of multipath, e.g. fading, while also exploiting the advantages thereof.

5 The CDMA techniques as disclosed in U.S. Patent No. 4,901,307 contemplate the use of coherent modulation and demodulation for both directions of the link in remote unit-satellite communications. Accordingly, disclosed therein is the use of a pilot carrier signal as a coherent phase reference for the satellite-to-remote unit link and the base station-to-remote
10 unit link. In the terrestrial cellular environment, however, the severity of multipath fading with the resulting phase disruption of the channel, as well as the power required to transmit a pilot carrier signal from the remote unit, precludes usage of coherent demodulation techniques for the remote unit-to-base station link. U.S. Patent No. 5,103,459 entitled "SYSTEM AND METHOD
15 FOR GENERATING SIGNAL WAVEFORMS IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM", issued June 25, 1990, assigned to the assignee of the present invention, the disclosure of which is incorporated by this reference, provides a means for overcoming the adverse effects of multipath in the remote unit-to-base station link by using noncoherent modulation and
20 demodulation techniques.

 In a CDMA cellular telephone system, the same frequency band can be used for communication in all base stations. At the base station receiver, separable multipath, such as a line of site path and another path reflecting off of a building, can be diversity combined for enhanced modem performance.
25 The CDMA waveform properties that provide processing gain are also used to discriminate between signals that occupy the same frequency band. Furthermore, the high speed pseudonoise (PN) modulation allows many different propagation paths of the same signal to be separated, provided the difference in path delays exceeds the PN chip duration. If a PN chip rate of
30 approximately 1 MHz is employed in a CDMA system, the full spread spectrum processing gain, equal to the ratio of the spread bandwidth to the system data rate, can be employed against paths having delays that differ by more than one microsecond. A one microsecond path delay differential corresponds to differential path distance of approximately 300 meters. The
35 urban environment typically provides differential path delays in excess of one microsecond.

 The multipath properties of the terrestrial channel produce at the receiver signals having traveled several distinct propagation paths. One characteristic of a multipath channel is the time spread introduced in a signal

that is transmitted through the channel. For example, if an ideal impulse is transmitted over a multipath channel, the received signal appears as a stream of pulses. Another characteristic of the multipath channel is that each path through the channel may cause a different attenuation factor. For example, if
5 an ideal impulse is transmitted over a multipath channel, each pulse of the received stream of pulses generally has a different signal strength than other received pulses. Yet another characteristic of the multipath channel is that each path through the channel may cause a different phase on the signal. For example, if an ideal impulse is transmitted over a multipath channel, each
10 pulse of the received stream of pulses generally has a different phase than other received pulses.

In the radio channel, the multipath is created by reflection of the signal from obstacles in the environment, such as buildings, trees, cars, and people. In general the radio channel is a time varying multipath channel due to the
15 relative motion of the structures that create the multipath. For example, if an ideal impulse is transmitted over the time varying multipath channel, the received stream of pulses would change in time location, attenuation, and phase as a function of the time that the ideal impulse was transmitted.

The multipath characteristic of a channel can result in signal fading. Fading is the result of the phasing characteristics of the multipath channel. A
20 fade occurs when multipath vectors are added destructively, yielding a received signal that is smaller than either individual vector. For example, if a sine wave is transmitted through a multipath channel having two paths where the first path has an attenuation factor of X dB, a time delay of δ with a
25 phase shift of Θ radians, and the second path has an attenuation factor of X dB, a time delay of δ with a phase shift of $\Theta + \pi$ radians, no signal would be received at the output of the channel.

In narrow band modulation systems such as the analog FM modulation employed by conventional radio telephone systems, the existence
30 of multiple paths in the radio channel results in severe multipath fading. As noted above with a wideband CDMA, however, the different paths may be discriminated in the demodulation process. This discrimination not only greatly reduces the severity of multipath fading but provides an advantage to the CDMA system.

35 Diversity is one approach for mitigating the deleterious effects of fading. It is therefore desirable that some form of diversity be provided which permits a system to reduce fading. Three major types of diversity exist: time diversity, frequency diversity, and space/path diversity.

Time diversity can best be obtained by the use of repetition, time interleaving, and error correction and detection coding which introduce redundancy. A system comprising the present invention may employ each of these techniques as a form of time diversity.

5 CDMA by its inherent wideband nature offers a form of frequency diversity by spreading the signal energy over a wide bandwidth. Therefore, frequency selective fading affects only a small part of the CDMA signal bandwidth.

10 Space and path diversity are obtained by providing multiple signal paths through simultaneous links from a remote unit through two or more base stations and by employing two or more spaced apart antenna elements at a single base station. Furthermore, path diversity may be obtained by exploiting the multipath environment through spread spectrum processing by allowing a signal arriving with different propagation delays to be received
15 and processed separately as discussed above. Examples of path diversity are illustrated in U.S. Patent No. 5,101,501 entitled "SOFT HANDOFF IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM", issued March 21, 1992 and U.S. Patent No. 5,109,390 entitled "DIVERSITY RECEIVER IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM", issued April 28, 1992, both assigned to
20 the assignee of the present invention.

The deleterious effects of fading can be further controlled to a certain extent in a CDMA system by controlling transmitter power. A system for base station and remote unit power control is disclosed in U.S. Patent No. 5,056,109 entitled "METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING
25 TRANSMISSION POWER IN A CDMA CELLULAR MOBILE TELEPHONE SYSTEM", issued October 8, 1991, also assigned to the assignee of the present invention.

The CDMA techniques as disclosed in U.S. Patent No. 4,901,307 contemplate the use of relatively long PN sequences with each remote unit
30 user being assigned a different PN sequence. The cross-correlation between different PN sequences and the autocorrelation of a PN sequence, for all time shifts other than zero, both have a nearly zero average value which allows the different user signals to be discriminated upon reception. (Autocorrelation and cross-correlation requires logical "0" take on a value of
35 "1" and logical "1" take on a value of "-1" or a similar mapping in order that a zero average value be obtained.)

However, such PN signals are not orthogonal. Although the cross-correlation essentially averages to zero over the entire sequence length, for a short time interval, such as an information bit time, the cross-correlation is a

random variable with a binomial distribution. As such, the signals interfere with each other in much the same way as they would if they were wide bandwidth Gaussian noise at the same power spectral density. Thus the other user signals, or mutual interference noise, ultimately limits the achievable capacity.

It is well known in the art that a set of n orthogonal binary sequences, each of length n , for n any power of 2 can be constructed, see Digital Communications with Space Applications, S.W. Golomb et al., Prentice-Hall, Inc., 1964, pp. 45-64. In fact, orthogonal binary sequence sets are also known for most lengths which are multiples of four and less than two hundred. One class of such sequences that is easy to generate is called the Walsh function, also known as Hadamard matrices.

A Walsh function of order n can be defined recursively as follows:

$$W(n) = \begin{vmatrix} W(n/2) & W(n/2) \\ W(n/2) & W'(n/2) \end{vmatrix}$$

where W' denotes the logical complement of W , and $W(1) = \begin{vmatrix} 0 \end{vmatrix}$.

Thus,

$$W(2) = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix},$$

$$W(4) = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}, \text{ and}$$

$$W(8) = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

A Walsh symbol, sequence, or code is one of the rows of a Walsh function matrix. A Walsh function matrix of order n contains n sequences, each of length n Walsh chips. Each Walsh code has a corresponding Walsh index where the Walsh index refers to the number (1 through n) corresponding to the row in which a Walsh code is found. For example, for $n=8$ Walsh function matrix given above, the all zeroes row corresponds to

Walsh index 1 and the Walsh code 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1 corresponds to Walsh index 5.

5 A Walsh function matrix of order n (as well as other orthogonal functions of length n) has the property that over the interval of n bits, the cross-correlation between all the different sequences within the set is zero. This can be seen by noting that every sequence differs from every other sequence in exactly half of its bits. It should also be noted that there is always one sequence containing all zeroes and that all the other sequences contain half ones and half zeroes. The Walsh symbol which consists all logical zeros
10 instead of half one's and zero's is called the Walsh zero symbol.

On the reverse link channel from the remote unit to the base station, no pilot signal exists to provide a phase reference. Therefore a method is needed to provide a high-quality link on a fading channel having a low E_b/N_0 (energy per bit/noise power density). Walsh function modulation on
15 the reverse link is a simple method of obtaining 64-ary modulation with coherence over the set of six code symbols mapped into the 64 Walsh codes. The characteristics of the terrestrial channel are such that the rate of change of phase is relatively slow. Therefore, by selecting a Walsh code duration which is short compared to the rate of change of phase on the channel, coherent
20 demodulation over the length of one Walsh code is possible.

On the reverse link channel, the Walsh code is determined by the information being transmitted from the remote unit. For example, a three bit information symbol could be mapped into the eight sequences of $W(8)$ given above. An "unmapping" of the Walsh encoded symbols into an estimate of
25 the original information symbols may be accomplished in the receiver by a Fast Hadamard Transform (FHT). A preferred "unmapping" or selection process produces soft decision data which can be provided to a decoder for maximum likelihood decoding.

An FHT is used to perform the "unmapping" process. An FHT
30 correlates the received sequence with each of the possible Walsh sequences. Selection circuitry is employed to select the most likely correlation value, which is scaled and provided as soft decision data.

A spread spectrum receiver of the diversity or "rake" receiver design comprises multiple data receivers to mitigate the effects of fading. Typically
35 each data receiver is assigned to demodulate a signal which has traveled a different path, either through the use of multiple antennas or due to the multipath properties of the channel. In the demodulation of signals modulated according to an orthogonal signaling scheme, each data receiver correlates the received signal with each of the possible mapping values using

an FHT. The FHT outputs of each data receiver are combined and selection circuitry then selects the most likely correlation value based on the largest combined FHT output to produce a demodulated soft decision symbol.

5 In the system described in the U.S. Patent No. 5,103,459, the call signal begins as a 9600 bit per second information source which is then converted by a rate 1/3 forward error correction encoder to a 28,800 symbols per second output stream. These symbols are grouped 6 at a time to form 4800 Walsh symbols per second, each Walsh symbol selecting one of sixty-four orthogonal Walsh functions that are sixty-four Walsh chips in duration. The Walsh
10 chips are modulated with a user-specific PN sequence generator. The user-specific PN modulated data is then split into two signals, one of which is modulated with an in-phase (I) channel PN sequence and one of which is modulated with a quadrature-phase (Q) channel PN sequence. Both the I channel modulation and the Q channel modulation provide four PN chips
15 per Walsh chip with a 1.2288 MHz PN spreading rate. The I and the Q modulated data are Offset Quadrature Phase Shift Keying (OQPSK) combined for transmission.

In the CDMA cellular system described in the above-referenced U.S. Patent No. 4,901,307, each base station provides coverage to a limited
20 geographic area and links the remote units in its coverage area through a cellular system switch to the public switched telephone network (PSTN). When a remote unit moves to the coverage area of a new base station, the routing of that user's call is transferred to the new base station. The base station-to-remote unit signal transmission path is referred to as the forward
25 link and the remote unit-to-base station signal transmission path is referred to as the reverse link.

As described above, the PN chip interval defines the minimum separation two paths must have in order to be combined. Before the distinct paths can be demodulated, the relative arrival times (or offsets) of the paths in
30 the received signal must first be determined. The channel element modem performs this function by "searching" through a sequence of potential path offsets and measuring the energy received at each potential path offset. If the energy associated with a potential offset exceeds a certain threshold, a signal demodulation element may be assigned to that offset. The signal present at
35 that path offset can then be summed with the contributions of other demodulation elements at their respective offsets. A method and apparatus of demodulation element assignment based on searcher demodulation element energy levels is disclosed in co-pending U.S. Patent Application Serial No. 08/144,902 entitled "DEMODULATION ELEMENT ASSIGNMENT

IN A SYSTEM CAPABLE OF RECEIVING MULTIPLE SIGNALS," filed October 28, 1993, assigned to the assignee of the present invention. Such a diversity or rake receiver provides for a robust digital link, because all paths have to fade together before the combined signal is degraded.

5 FIG. 1 shows an exemplary set of signals from a single remote unit arriving at the base station. The vertical axis represents the power received on a decibel (dB) scale. The horizontal axis represents the delay in the arrival time of a signal due to multipath delays. The axis (not shown) going into the page represents a segment of time. Each signal spike in the common plane of
10 the page has arrived at a common time but was transmitted by the remote unit at a different time. In a common plane, peaks to the right were transmitted at an earlier time by the remote unit than peaks to the left. For example, the left-most peak spike 2 corresponds to the most recently transmitted signal. Each signal spike 2 - 7 has traveled a different path and
15 therefore exhibits a different time delay and a different amplitude response. The six different signal spikes represented by spikes 2 - 7 are representative of a severe multipath environment. Typical urban environments produce fewer usable paths. The noise floor of the system is represented by the peaks and dips having lower energy levels. The task of a searcher element is to
20 identify the delay as measured by the horizontal axis of signal spikes 2 - 7 for potential demodulation element assignment. The task of the demodulation element is to demodulate a set of the multipath peaks for combination into a single output. It is also the task of the demodulation elements once assigned to a multipath peak to track that peak as it may move in time.

25 The horizontal axis can also be thought of as having units of PN offset. At any given time, the base station receives a variety of signals from a single remote unit, each of which has traveled a different path and may have a different delay than the others. The remote unit's signal is modulated by a PN sequence. A copy of the PN sequence is also generated at the base station.
30 At the base station, each multipath signal is individually demodulated with a PN sequence code aligned to its timing. The horizontal axis coordinates can be thought of as corresponding to the PN sequence code offset which would be used to demodulate a signal at that coordinate.

35 Note that each of the multipath peaks varies in amplitude as a function of time as shown by the uneven ridge of each multipath peak. In the limited time shown, there are no major changes in the multipath peaks. Over a more extended time range, multipath peaks disappear and new paths are created as time progresses. The peaks can also slide to earlier or later offsets as the path distances change as the remote unit moves around in the coverage area of the

base station. Each demodulation element tracks small variations in the signal assigned to it. The task of the searching process is to generate a log of the current multipath environment as received by the base station.

In a typical wireless telephone communication system, the remote unit transmitter may employ a vocoding system which encodes voice information in a variable rate format. For example, the data rate may be lowered due to pauses in the voice activity. The lower data rate reduces the level of interference to other users caused by the remote unit transmissions. At the receiver, or otherwise associated with the receiver, a vocoding system is employed for reconstructing the voice information. In addition to voice information, non-voice information alone or a mixture of the two may be transmitted by the remote unit.

A vocoder which is suited for application in this environment is described in copending U.S. patent application Serial No. 08/363,170, entitled "VARIABLE RATE VOCODER," filed December 23, 1994 and assigned to the assignee of the present invention. This vocoder produces from digital samples of the voice information encoded data at four different rates, e.g. approximately 8,000 bits per second (bps), 4,000 bps, 2,000 bps and 1,000 bps, based on voice activity during a 20 millisecond (ms) frame. Each frame of vocoder data is formatted with overhead bits as 9,600 bps, 4,800 bps, 2,400 bps, and 1,200 bps data frames. The highest rate data frame which corresponds to a 9,600 bps frame is referred to as a "full rate" frame; a 4,800 bps data frame is referred to as a "half rate" frame; a 2,400 bps data frame is referred to as a "quarter rate" frame; and a 1,200 bps data frame is referred to as an "eighth rate" frame. In neither the encoding process nor the frame formatting process is rate information included in the data. When the remote unit transmits data at less than full rate, the duty cycle of the remote units transmitted signal is the same as the data rate. For example, at quarter rate a signal is transmitted from the remote unit only one quarter of the time. During the other three quarters time, no signal is transmitted from the remote unit.

The remote unit includes a data burst randomizer. The data burst randomizer determines during which time periods the remote unit transmits and during which time periods it does not transmit given the data rate of the signal to be transmitted, a remote unit specific identifying number, and the time of day. When operating at less than full rate, the data burst randomizer within the remote unit pseudorandomly distributes the active time periods within the transmission burst. A corresponding data burst randomizer is also included in the base station such that the base station can recreate the pseudorandom distribution based on the time of day and the remote unit

specific identifying number but the base station is unaware, a priori, of the data rate of the transmitted signal.

5 The eighth rate time periods determine a so called worthy group of time periods. A remote unit operating at quarter rate transmits during the worthy group time periods and another set of pseudorandomly distributed periods. A remote unit operating in half rate transmits during the quarter rate time periods and another set of pseudorandomly distributed periods. A remote unit operating in full rate transmits continually. In this way, regardless of the data rate of the transmitted signal, each time period
10 corresponding to the worthy group is sure to correspond to a time when the corresponding remote unit is transmitting a signal. Further details on the data burst randomizer are described in copending U.S. patent application Serial No. 08/291,647, entitled "DATA BURST RANDOMIZER," filed August 16, 1994, and assigned to the assignee of the present invention.

15 To conserve system resources for actual data of voice transmissions, the remote unit does not transmit the rate for each frame. Therefore, the receiver must determine the rate at which the data was encoded and transmitted based on the received signal so that the receiver associated vocoder can properly reconstruct the voice information. A method of determining the rate at
20 which burst data was encoded without receiving rate information from the transmitter is disclosed in co-pending U.S. Patent Serial No. 08/233,570, entitled "METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING DATA RATE OF TRANSMITTED VARIABLE RATE DATA IN A COMMUNICATIONS RECEIVER" filed April 26, 1994, and assigned to the assignee of the present
25 invention. The method of determining data rate disclosed in the above mentioned patent application is performed after the signal has been received and demodulated therefore the rate information is not available during the searching process.

At the base station, each individual remote unit signal must be
30 identified from the ensemble of call signals received. A system and method for demodulating a remote unit signal received at a base station is described, for example, in U.S. Patent No. 5,103,459. FIG. 2 is a block diagram of the base station equipment described in U.S. Patent No. 5,103,459 for demodulating a reverse link remote unit signal.

35 A typical prior art base station comprises multiple independent searcher and demodulation elements. The searcher and demodulation elements are controlled by a microprocessor. In this exemplary embodiment, to maintain a high system capacity, each remote unit in the system does not transmit a pilot signal. The lack of a pilot signal on the reverse link increases

the time needed to conduct a survey of all possible time offsets at which a remote unit signal may be received. Typically, a pilot signal is transmitted at a higher power than the traffic bearing signals thus increasing the signal to noise ratio of the received pilot signal as compared to the received traffic channel signals. In contrast, ideally each remote unit transmits a reverse link signal which arrives with a power level equal to the power level received from every other remote unit therefore having a low signal to noise ratio. Also, a pilot channel transmits a known sequence of data. Without the pilot signal, the searching process must examine all possibilities of what data may have been transmitted.

FIG. 2 shows an exemplary embodiment of a prior art base station. The base station of FIG. 2 has one or more antennas 12 receiving CDMA reverse link remote unit signals 14. Typically, an urban base station's coverage area is split into three sub-regions called sectors. With two antennas per sector, a typical base station has a total of six receive antennas. The received signals are down-converted to baseband by analog receiver 16 that quantizes the received signal I and Q channels and sends these digital values over signal lines 18 to channel element modem 20. A typical base station comprises multiple channel element modems like channel element modem 20 (not shown in FIG. 2). Each channel element modem 20 supports a single user. In the preferred embodiment, channel element modem 20 comprises four demodulation elements 22 and eight searchers 26. Microprocessor 34 controls the operation of demodulation elements 22 and searchers 26. The user PN code in each demodulation element 22 and searcher 26 is set to that of the remote unit assigned to that channel element modem 20. Microprocessor 34 steps searchers 26 through a set of offsets, called a search window, that is likely to contain multipath signal peaks suitable for assignment of demodulation elements 22. For each offset, searcher 26 reports the energy it finds at that offset to microprocessor 34. Demodulation elements 22 are then assigned by microprocessor 34 to the paths identified by searchers 26. Once one of demodulation elements 22 has locked onto the signal at its assigned offset, it then tracks that path on its own without supervision from microprocessor 34, until the path fades away or until it is assigned to a new path by microprocessor 34.

For the system of FIG. 2, each demodulation element 22 and searcher 26 contains one FHT processor 52 capable of performing one FHT transform during a time period equal to the period of a Walsh symbol. The FHT processor is slaved to "real time" in the sense that every Walsh symbol interval one value is input and one symbol value is output from the FHT.

Therefore, to provide a rapid searching process, more than one searcher 26 must be used. Each of searchers 26 supplies back to microprocessor 34 the results of the search it performs. Microprocessor 34 tabulates these results for use in the assignment of demodulation elements 22 to the incoming signals.

5 In FIG. 2, the internal structure of only one demodulation element 22 is shown, but should be understood to apply to searchers 26 as well. Each demodulation element 22 or searcher 26 of the channel element modem has a corresponding I PN and Q PN sequence generator 36, 38 and the user-specific PN sequence generator 40 that is used to select a particular remote unit. User-specific PN sequence output 40 is XOR'd by XOR gates 42 and 44 with the
10 the output of I PN and Q PN sequence generators 36 and 38 to produce PN-I' and PN-Q' sequences that are provided to despreader 46. The timing reference of PN generators 36, 38, 40 is adjusted to the offset of the assigned signal, so that despreader 46 correlates the received I and Q channel antenna samples with
15 the PN-I' and PN-Q' sequence consistent with the assigned signal offset. Four of the despreader outputs, corresponding to the four PN chips per Walsh chip, are summed to form a single Walsh chip by accumulators 48 and 50. The accumulated Walsh chip is then input into Fast Hadamard Transform (FHT) processor 52. When 64 chips corresponding to one Walsh symbol have been
20 received, FHT processor 52 correlates the set of sixty-four Walsh chips with each of the sixty-four possible transmitted Walsh symbols and outputs a sixty-four entry matrix of soft decision data. The output of FHT processor 52 is then combined with those of other assigned demodulation elements by combiner 28. The output of combiner 28 is a "soft decision" demodulated symbol,
25 weighted by the confidence that it correctly identifies the originally transmitted Walsh symbol. The soft decision data is then passed to forward error correction decoder 29 for further processing to recover the original call signal. This call signal is then sent through digital link 30, such as a T1 or E1 link, that routes the call to public switched telephone network (PSTN) 32.

30 Like each demodulation element 22, each searcher 26 contains a demodulation data path with an FHT processor capable of performing one FHT transform during a time period equal to the period of a Walsh symbol. Searcher 26 only differs from demodulation element 22 in how its output is used and in that it does not provide time tracking. For each offset processed,
35 each searcher 26 finds the correlation energy at that offset by despreading the antenna samples, accumulating them into Walsh chips that are input to the FHT transform, performing the FHT transform and summing the maximum FHT output energy for each of the Walsh symbols for which the searcher dwells at an offset. The final sum is reported back to microprocessor 34.

Generally each searcher 26 is stepped through the search window with the others as a group by microprocessor 34, each separated from its neighbor by half of a PN chip. In this way enough correlation energy exists at each maximum possible offset error of a quarter chip to ensure that a path is not missed because the searcher did not correlate with the exact offset of the path. After sequencing searchers 26 through the search window, microprocessor 34 evaluates the results reported back, looking for strong paths for demodulation elements assignment as described in above mentioned co-pending U.S. Patent Application Serial No. 08/144,902.

The multipath environment is constantly changing as the remote unit and other reflective objects move about in the base station coverage area. The number of searches that must be performed is set by the need to find multipath quickly enough so that valid paths may be put to good use by the demodulation elements. On the other hand, the number of demodulation elements required is a function of the number of paths generally found to be usable at any point in time. To meet these needs, the system of FIG. 2 has two searchers 26 and one demodulation element 22 for each of four demodulator integrated circuits (IC's) used, for a total of four demodulation elements and eight searchers per channel element modem. Each of these twelve processing elements contains a complete demodulation data path, including the FHT processor which takes a relatively large, costly amount of area to implement on an integrated circuit. In addition to the four demodulator IC's the channel element modem also has a modulator IC and a forward error correction decoder IC for a total of 6 IC chips. A powerful and expensive microprocessor is needed to manage and coordinate the demodulation elements and the searchers. As implemented in FIG. 2, these circuits are completely independent and require the close guidance of microprocessor 34 to sequence through the correct offsets, and handle the FHT outputs. Every Walsh symbol microprocessor 34 receives an interrupt to process the FHT outputs. This interrupt rate alone necessitates use of a high powered microprocessor.

It would be advantageous if the six IC's required for a modem could be reduced to a single IC needing less microprocessor support, thereby reducing the direct IC cost and board-level production cost of the modem, and allowing migration to a lower cost microprocessor (or alternately a single high powered microprocessor supporting several channel element modems at once.) Just relying on shrinking feature sizes of the IC fabrication process and placing the six chips together on a single die is not enough. The fundamental architecture of the searcher needs to be redesigned for a truly cost effective single chip modem. From the discussion above, it should be apparent that

there is a need for a signal receiving and processing apparatus that can demodulate a spread spectrum call signal at a lower cost and in a more architecturally efficient manner.

5 The present invention can use a set of real time searchers as described above or a single, integrated search processor that can quickly evaluate large numbers of offsets that potentially contain multipath of a received call signal.

The present invention is a method of searching for a multipath signal which is transmitted at an unknown variable rate and is subjected to power control.

SUMMARY OF THE INVENTION

15 The present invention is a method of searching for a multipath signal which is transmitted at an unknown variable rate and is subjected to power control. The searching method is linear in that no attempt is made to synchronize the searching process to time known to contain data. The searching process is aligned to power control group boundaries so that accurate power estimates can be made.

20 BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The features, objects, and advantages of the present invention will become more apparent from the detailed description set forth below when taken in conjunction with the drawings in which like reference characters
25 identify correspondingly throughout and wherein:

FIG. 1 represents an exemplary severe multipath signal condition;

FIG. 2 is a block diagram of a prior art communications network demodulation system;

30 FIG. 3 represents an exemplary CDMA telecommunications system constructed in accordance with the present invention;

FIG. 4 is a block diagram of a channel element modem constructed in accordance with the present invention;

FIG. 5 is a block diagram of the search processor;

35 FIG. 6 illustrates the circular nature of the antenna sample buffer using a first offset;

FIG. 7 illustrates the circular nature of the antenna sample buffer for a second accumulation at the first offset of FIG. 6;

FIG. 8 illustrates the circular nature of the antenna sample buffer for a second offset;

40 FIG. 9 is a graph showing how the searcher processes the receiver input as a function of time;

FIG. 10 is a block diagram of the searcher front end;

FIG. 11 is a block diagram of the searcher despreader;

FIG. 12 is a block diagram of the searcher result processor;

FIG. 13 is a block diagram of the searcher sequencing control logic;

5 FIG. 14 is a timing diagram showing the processing sequence depicted in FIG. 5, showing the corresponding states of certain control logic elements presented in FIG. 13; and

FIG. 15 is an alternative block diagram of the search processor.

10 DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

In the following description of a method and system for processing telephone calls within a digital wireless telephone system, various references are made to processes and steps that are performed in order to achieve a
15 desired result. It should be understood that such references do not describe human actions or thought, but are directed towards the operation, modification and transformation of various systems including and especially those systems which process electrical and electromagnetic signals and charges, optical signals, or a combination thereof. Fundamental to such
20 systems is the use of various information storage devices, often referred to as "memory", which store information via the placement and organization of atomic or super-atomic charged particles on hard disk media or within silicon, gallium arsenic, or other semiconductor based integrated circuit media, and the use of various information processing devices, often referred
25 to as "microprocessors," which alter their condition and state in response to such electrical and electromagnetic signals and charges. Memory and microprocessors that store and process light energy or particles having special optical characteristic, or a combination thereof, are also contemplated and use thereof is consistent with the operation of the described invention.

30 The present invention can be implemented in a wide variety of data transmission applications and in the preferred embodiment illustrated in FIG. 3 is implemented within system 100 for voice and data transmission in which system controller and switch (BSC&S) 102 performs interface and control functions to permit call communications with remote units 104
35 through base stations 106. BSC&S 102 controls the routing of calls between public switched telephone network (PSTN) 108 and base stations 106 for transmission to and from remote units 104.

FIG. 4 illustrates channel element modems 110A - 110N and other elements of the base station infrastructure operating in accordance with the
40 CDMA methods and data formats described in the above-referenced patents.

A plurality of antennas 112 provides received reverse link signal 114 to analog transmitter receiver (transceiver) 116. Analog transceiver 116 down-converts reverse link signal 114 to baseband and samples the baseband waveform at eight times the PN chip rate of the CDMA received signal as defined above.

5 Analog transceiver 116 provides the digital antenna samples to channel element modems 110A - 110N through base station RX backplane signal 118. Each channel element modem 110A - 110N may be assigned to one remote unit having an active communication established with the base station. Each channel element modem 110A - 110N is nearly identical in structure.

10 When channel element modem 110A is assigned to an active call, demodulator front end 122 and integrated search processor 128 isolate a signal from the corresponding remote unit from the plurality of call signals contained in reverse link signal 114 by use of the PN sequences as described in the above referenced patents and patent applications. Channel element
15 modem 110A includes single integrated search processor 128 to identify multipath signals that can be used by demodulator front end 122. In the preferred embodiment, time sliced FHT processor engine 120 services both integrated search processor 128 and demodulator front end 122. Other than sharing FHT processor engine 120 and related max detect block 160, integrated
20 search processor 128, is stand-alone, self-controlled, and self-contained. A searching architecture is detailed in a co-pending U.S. Patent Application Serial No. 08/316,177 entitled "MULTIPATH SEARCH PROCESSOR FOR A SPREAD SPECTRUM MULTIPLE ACCESS COMMUNICATION SYSTEM" filed September 30, 1994, and assigned to the assignee of the present
25 invention.

FHT processor engine 120 is the core of the demodulation process. In the preferred embodiment, FHT processor engine 120 correlates the received Walsh symbol values with each of the possible Walsh symbols that may have been transmitted by the remote unit. FHT processor engine 120 outputs a
30 correlation energy corresponding to each possible Walsh symbol where a higher correlation energy level corresponds to a higher likelihood that the symbol corresponding to that Walsh index was communicated by the remote unit. Max detect block 160 then determines the largest of the 64 FHT transform energy outputs. The maximum correlation energy and the
35 corresponding Walsh index from max detect block 160 and each of the 64 correlation energy output from FHT processor engine 120 are passed to pipelined demodulator processor 126 for further signal processing. The maximum correlation energy and the corresponding Walsh index from max detect block 160 are passed back to integrated search processor 128.

Pipelined demodulator processor 126 time aligns and combines symbol data received at different offsets into a single demodulated "soft decision" symbol stream. In addition, pipelined demodulator processor 126 calculates the power level of the signal being received. From the received power level a power control indication is created to command the remote unit to raise or lower the remote unit's transmit power. The power control indication is passed through modulator 140 which adds the indication to the base station transmitted signal for reception by the remote unit. This power control loop operates under the method described in U.S. Patent 5,056,109 referenced above.

The soft decision symbol stream from pipelined demodulator processor 126 is output to deinterleaver/forward error correction decoder 130 where it is deinterleaved and decoded. Channel element microprocessor 136 supervises the entire demodulation procedure and obtains the recovered data from deinterleaver/forward error correction decoder 130 via microprocessor bus interface 134. The data is then routed through digital backhaul link 121 to BSC&S 102 which connects the call through PSTN 108.

The forward link data path proceeds much as the inverse of the functions just presented for the reverse link. The signal is provided from PSTN 108 through BSC&S 102 and to digital backhaul 121. Digital backhaul 121 provides input to encoder/interleaver 138 through channel element microprocessor 136. After encoding and interleaving the data, encoder/interleaver 138 passes the data to modulator 140 where it is modulated as disclosed in the above referenced patents. Output 146 of modulator 140 is passed to transmit summer 142 where it is added to the outputs of other channel element modems 110B - 110N prior to being up converted from baseband and amplified in analog transmitter receiver 116. A summing method is disclosed in a co-pending U.S. Patent Application Serial No. 08/316,156 entitled "SERIAL LINKED INTERCONNECT FOR THE SUMMATION OF MULTIPLE DIGITAL WAVEFORMS," filed September 30, 1994, and assigned to the assignee of the present invention. As presented in the above referenced patent application, the transmit summer corresponding to each of channel element modems 110A - 110N can be cascaded in a daisy-chain fashion eventually resulting in a final sum that is provided to analog transceiver 116 for broadcasting.

FIG. 5 shows the elements comprising integrated search processor 128. The heart of the searching process is time sliced FHT processor engine 120, which, as mentioned above, is shared between integrated search processor 128 and demod front end 122 (not shown in FIG. 5). FHT processor engine 120 can

perform Walsh symbol transforms at a rate 32 times faster than FHT processor 52 of FIG. 2. This rapid transform capability empowers the time sliced operation of channel element modem 110.

In the preferred embodiment FHT processor engine 120 is constructed using a six stage butterfly network. As explained in detail above, a Walsh function of order n can be defined recursively as follows:

$$W(n) = \begin{vmatrix} W(n/2) , W(n/2) \\ W(n/2) , W'(n/2) \end{vmatrix}$$

where W' denotes the logical complement of W, and W(1) = 0.

In the preferred embodiment a Walsh sequence is generated where n = 6, therefore a 6-stage butterfly trellis is used to correlate the 64 Walsh chips of one transmitted Walsh symbol with each of the 64 possible Walsh sequences. A structure and method of operation for FHT processor engine 120 is detailed in a co-pending U.S. Patent Application Serial No. 08/173,460 entitled "METHOD AND APPARATUS FOR PERFORMING A FAST HADAMARD TRANSFORM," filed December 22, 1993, assigned to the assignee of the present invention.

To reap the benefits of FHT processor engine 120 with thirty-two times the throughput of its real-time-slaved counterpart, FHT processor engine 120 must be provided with high rate input data to process. Antenna sample buffer 172 has been specifically tailored to meet this need. Antenna sample buffer 172 is written to and read from in a circular manner

The searching process is grouped in sets of single offset searches. The highest level of grouping is the antenna search set. Each antenna search set is made up of a plurality of search windows. Typically each search window in the antenna search set is an identically performed search group where each search window in the antenna search receives data from a different antenna. Each search window is made up of a series of search rakes. A search rake is a set of sequential search offsets that is performed in a time equivalent to the duration of a Walsh symbol. Each search rake is comprised of a set of rake elements. Each rake element represents a single search at a given offset.

At the beginning of the searching process, channel element microprocessor 136 sends parameters specifying a search window which may be part of an antenna search set. The width of the search window may be designated in PN chips. The number of search rakes needed to complete the search window varies depending on the number of PN chips specified in the

search window. The number of rake elements per search rake can be specified by channel element microprocessor 136 or could be fixed to some constant.

Referring again to FIG. 1 showing an exemplary set of signals arriving at the base station from a single remote unit, the relationship of the search window, search rake, and rake element becomes more clear. The vertical axis in FIG. 1 represents the power received in decibels (dB). The horizontal axis represents the delay in the arrival time of a signal due to multipath delays. The axis (not shown) going into the page represents a segment of time. Each signal spike in the common plane of the page has arrived at the same time but has been transmitted by the remote unit at a different time.

The horizontal axis can be thought of as having units of PN chip offset. At any given time, the base station perceives a variety of signals from a single remote unit, each of which has traveled a different path and may have a different delay than the others. The remote unit's signal is modulated by a PN sequence. A copy of the PN sequence is also generated at the base station. At the base station, if each multipath signal were individually demodulated, a PN sequence code aligned to each signal's timing would be needed. Each of these aligned PN sequences would be delayed from the zero offset reference at the base station due to the delay. The number of PN chips that the aligned PN sequence is delayed from the zero offset base station reference could be mapped to the horizontal axis.

In FIG. 1, time segment 10 represents a search window set of PN chip offsets to be processed. Time segment 10 is divided into five different search rakes such as search rake time segment 9. Each search rake is in turn made up of a number of rake elements which represent the actual offsets to be searched. For example, in FIG. 1, each search rake is made up of 8 different rake elements such as the rake element indicated by arrow 8.

To process a single rake element as indicated by arrow 8, a set of samples over time at that offset are needed. For example, to process the rake element indicated by arrow 8, the despreading process needs the set of sample at the offset indicated by arrow 8 going back into the page over time. The despreading process also needs a corresponding PN sequence. The PN sequence can be determined by noting the time the samples arrived and the offset desired to be processed. The desired offset can be combined with the arrival time to determine the corresponding PN sequence to be correlated with the received samples.

As the rake element is despread the receive antenna samples and the PN sequence are run through a series of values over time. Note that the received antenna samples are the same for all offsets shown in FIG. 1 and

spikes 2-7 are showing exemplary multipath peaks which arrive simultaneously and are only discriminated by the despreading process.

In the preferred embodiment described below, each rake element is offset in time from the preceding rake element by one half PN chip in time.

- 5 This means that if the rake element corresponding to arrow 8 was correlated beginning from the sliced plane shown and moving forward in time (into the page as shown) then the rake element to the left of the one corresponding to arrow 8 would use samples starting one half chip in time back from the sliced plane shown. This progression in time allows each rake element in a
10 common search rake to be correlated to the same PN sequence.

- Each remote unit receives the base station's transmitted signal delayed by some amount due to the path delay through the terrestrial environment. The same I and Q PN short code and the user PN long code generation is also being performed in the remote unit. The remote unit generates a time
15 reference based on the time reference it perceives from the base station. The remote unit uses the time reference signal as an input to its I and Q PN short code and the user PN long code generators. The information signal received at the base station from the remote unit is therefore delayed by the round trip delay of the signal path between the base station and the remote unit.
20 Therefore if the timing of the PN generator used in the searching process is slaved to the zero offset timing reference at the base station, the output of the generators is always available before the corresponding signal is received from the remote unit.

- In an OQPSK signal, the I channel data and the Q channel data are
25 offset from each other by one half chip in time. Therefore OQPSK despreading used in the preferred embodiment requires data sampled at twice the chip rate. The searching process also operates optimally with data sampled at half the chip rate. Each rake element within a search rake is offset by one half chip from the previous rake element. The one half chip rake
30 element resolution ensures that multipath peak signals are not skipped over without detection. For these reasons antenna sample buffer 172 of FIG. 5 stores data sampled at twice the PN chip rate.

- One Walsh symbol worth of data is read from antenna sample buffer 172 to process a single rake element. For each successive rake element,
35 one Walsh symbol worth of data is read out of antenna sample buffer 172 one half of a PN chip offset from the previous rake element. Each rake element is despread with the same PN sequence read from PN sequence buffer 176 by despreader 178 for each rake element in the search rake.

Antenna sample buffer 172 is two Walsh symbols deep and is continually and repeatedly read from and written to throughout the searching process. Within each search rake, the rake element having the latest offset in time is processed first. The latest offset corresponds to the signal which has traveled the longest signal path from the remote unit to the base station. The time at which the searcher starts to process a search rake is keyed to the Walsh symbol boundaries associated with the rake element having the latest offset in the search rake. A time strobe, referred to as the offset Walsh symbol boundary, indicates the earliest time that all of the samples needed are available in antenna sample buffer 172 and the searching process can begin the first rake element in the search rake.

The operation of antenna sample buffer 172 is most easily illustrated by noting its circular nature. FIG. 6 shows an illustrative diagram of the operation of antenna sample buffer 172. In FIG. 6 thick circle 400 can be thought of as antenna sample buffer 172 itself. Antenna sample buffer 172 contains memory locations for two Walsh symbols worth of data. Write pointer 406 circulates around antenna sample buffer 172 in the direction indicated in real time, meaning that write pointer 406 rotates around the two Walsh symbol deep antenna sample buffer 172 in the time that two Walsh symbols worth of samples are passed to searcher front end 174. As the samples are written into antenna sample buffer 172 according to the memory location indicated by write pointer 406, the previously stored values are overwritten. In the preferred embodiment, antenna sample buffer 172 contains 1024 antenna samples because each of the two Walsh symbols contains 64 Walsh chips, each Walsh chip contains 4 PN chips, and each PN chip is sampled twice.

The operation of the searching process is divided into discrete 'time slices.' In the preferred embodiment, a time slice is equal to 1/32 of the Walsh symbol duration. The choice of 32 time slices per Walsh symbol is derived from the available clocking frequency and number of clock cycles need to perform an FHT. 64 clock cycles are required to perform an FHT for one Walsh symbol. In the preferred embodiment, a clock running at eight times the PN chip frequency is available and provides the necessary performance level. Eight times the PN chip rate multiplied by the 64 required clocks is equivalent to the time it takes to receive two Walsh chips worth of data. Because there are 64 Walsh chips in each half of the buffer, 32 time slices are needed to read in a complete Walsh symbol.

In FIG. 6, a set of concentric arcs outside of thick circle 400 represents read and write operation with antenna sample buffer 172. (The arcs within

thick circle 400 are used to aid explanation and do not correspond to read or write operations.) Each arc represents a read or write operation during one time slice. The arc closest to the center of the circle occurs first in time and each successive arc represents an operation occurring in successively later time slices as indicated by time arrow 414. Each of the concentric arcs corresponds to a section of antenna sample buffer 172 as represented by thick circle 400. If one were to imagine radii drawn from the center of thick circle 400 to the end points of each of the concentric arcs, the portion of thick circle 400 between the intersection of the radii and thick circle 400 would be representative of the memory locations accessed. For example, during the first time slice operation shown, 16 antenna samples are written to antenna sample buffer 172 represented by arc 402A.

In FIGS 6, 7, and 8 the following search parameters for the illustrative search window are assumed:

- 1 5 Search window width = 24 PN chips
- Search offset = 24 PN chips
- Number of symbols to accumulate = 2
- Number of rake elements per search rake = 24.

FIG. 6 also assumes that antenna sample buffer 172 contains nearly a full Walsh symbol worth of valid data before the write indicated by arc 402A. During subsequent time slices, a write corresponding to arc 402B and to arc 402C occurs. During the 32 time slices available during one Walsh symbol worth of time, the write operations continue from arc 402A to arc 402FF most of which are not shown.

2 5 The 32 time slices represented by arcs 402A to 402FF correspond to the time used to complete one search rake. Using the parameters given above, the search rake begins 24 PN chips offset from zero offset reference or 'real time' and contains 24 rake elements. The 24 PN chip offset corresponds to a rotation 16.875 degrees around thick circle 400 from the beginning of the first write indicated by arc 402A (calculated by dividing the 24 PN chip offset by the 256 total number of chips in half antenna sample buffer 172 and multiplying by 180 degrees.) The 16.875 degree arc is illustrated by arc 412. The 24 rake elements correspond to reads indicated by arcs 404A - 404X most of which are not shown. The first read corresponding to arc 404A begins at the search offset some time after the write corresponding to 402C so that a contiguous set of data is available. Each successive read such as 404B is offset from the previous by a single memory location, corresponding to a 1/2 PN chip of time. During the search rake shown, the reads move toward earlier time offsets as shown by arcs 404A - 404X slanting counter clockwise with

progressing time in the opposite rotation direction as write pointer indication 406. The 24 read represented by arcs 404A to 404X traverse the arc indicated by arc 418. The progression of the reads toward earlier samples has the advantage of providing seamless searching within a search window as
5 each search rake is executed. This advantage is explained in detail subsequently herein.

Each of the reads corresponding to arcs 404A to 404X passes one Walsh symbol worth of data to despreaders 178. The read therefore corresponds to traversing thick circle 400 by 180 degrees. Note that in the search rake shown
10 in FIG. 6, the last write corresponding to arc 402FF, and last read corresponding to arc 404X do not include any common memory locations to ensure contiguous valid data. However, hypothetically, if the pattern of read and writes were to continue they would in fact intersect and valid data would not be provided under this condition.

15 In most signaling conditions, the result of a rake element worth of data collected during one Walsh symbol worth of time is not sufficient to provide accurate information about the location of diverse signals. In these cases, a search rake may be repeated multiple times. The results of rake elements in successive search rakes at a common offset are accumulated by search result
20 processor 162 as explained in detail subsequently herein. In this case the search parameters given above indicate that the number of symbols to accumulate at each offset is two. FIG. 7 shows the search rake of FIG. 6 repeated at the same offset for the next successive Walsh symbol worth of data. Note that antenna sample buffer 172 contains two Walsh symbols worth
25 of data so that the data that is needed for processing during the search rake indicated on FIG. 7 was written during the search rake shown on FIG. 6. In this configuration, memory locations 180 degrees away from each other represent the same PN offset.

After completing the two accumulated search rakes in FIGS 6 and 7, the
30 searching process advances to the next offset in the search window. The amount of the advance is equal to the width of the search rake processed, in this case 12 PN chips. As specified in the search parameters, the search window width is 24 PN chips. The width of the window will determine how many search rake offsets are needed to complete the search window. In this
35 case two different offsets are needed to cover the 24 PN chip window width. The window width is indicated on FIG. 8 by arc 412. The second offset for this search window begins at the offset following the last offset of the previous search rake and continues around to the nominal zero offset point as set by the location of the beginning of the first write as indicated by arc 430A. Again

there are 24 rake elements within the search rake as indicated by arcs 432A - 432X most of which are not shown. Again the 32 writes are indicated by the arcs 430A - 430FF. Thus the last write, as indicated by arc 430FF, and the last read, as indicated by arc 432X, abut one another in antenna sample buffer 172.

The search rake shown in FIG. 8 is repeated on the opposite side of antenna sample buffer 172 much as the search rake in FIG. 6 is repeated in FIG. 7 because the search parameters designate that each symbol is accumulated twice. At the completion of the second accumulation of the second search rake, integrated search processor 128 is available to begin another search window. The subsequent search window could have a new offset or it could specify a new antenna or both.

In FIG. 8, the location of the boundary between the read half and the write half of the buffer is marked with label 436. In FIG. 6, the boundary is marked with label 410. The signal which indicates the point in time corresponding to labels 410 and 436 is referred to as the offset Walsh symbol strobe and also indicates that a new Walsh symbol worth of samples is available. As the search rakes within a window advance to earlier offsets, the boundary between the read and write halves of the buffer slews in lock step counterclockwise as shown in FIG. 8. If after the completion of the present search window, if a large change in the offset being processed is desired, the offset Walsh symbol strobe may be advanced a large portion of the circumference of the circle.

FIG. 9 is a search timeline that provides further graphical illustration of the searcher processing. Time is plotted along the horizontal axis in units of Walsh symbols. Antenna sample buffer 172 addresses and PN sequence buffer 176 addresses are shown along the vertical axis, also in units of Walsh symbols. Because antenna sample buffer 172 is two Walsh symbols deep, antenna sample buffer 172 addressing wraps on even Walsh symbol boundaries, but for illustrative purposes, FIG. 9 shows the addresses before being folded on top of one another. Samples are written into antenna sample buffer 172 at an address taken directly from the time they were obtained, so write pointer 181 into antenna sample buffer 172 is a straight forty-five degree inclined line. The offset being processed maps into a base address in antenna sample buffer 174 to start a read of a Walsh symbol of samples for a single rake element. The rake elements are illustrated in FIG. 9 as nearly vertical read pointer line segments 192. Each rake element maps to a Walsh symbol in height as referred to the vertical axis and $1/32$ of a Walsh symbol as referred to the horizontal axis.

The vertical gaps between the rake elements within a search rake are caused by demod front end 122 interrupting the search process to use FHT processor engine 120. Demod front end 122 operates in real time and has first priority use of FHT processor engine 120 whenever it has a current or queued set of data for processing. Therefore typically use of FHT processor engine 120 is given to demod front end 120 on each Walsh symbol boundary corresponding to a PN offset that is being demodulated by demod front end 122.

FIG. 9 shows the same search rakes shown in FIGS. 6, 7, and 8. For example, search rake 194 has 24 rake elements each of which corresponds to one to the read arcs 404A - 404X on FIG. 6. On FIG. 9 for search rake 194, pointer 410 indicates the offset Walsh symbol strobe corresponds to the like pointer on FIG. 6. To read the current samples, each rake element must be beneath write pointer 181. The downward slope of the rake elements with a search rake indicates the steps towards earlier samples. Search rake 195 corresponds to the search rake shown in FIG. 7 and search rake 196 corresponds to the search rake shown in FIG. 8.

In the search window defined by the parameters above, only 24 rake elements per search rake are specified even though the search rake has 32 available time slices. Each rake element can be processed in one time slice. However, it is not practically possible to increase the number of rake elements per search rake to 32 to match the number of time slices available during a search rake. Demod front end 122 uses some of the available time slices of the FHT processor. There is also a time delay associated with a rake advance as the read process must wait for the write process to fill the buffer with valid data at the advanced offset. Also some margin is needed to synchronize to a time slice processing boundary after observing the offset Walsh symbol strobe. All these factors practically limit the number of rake elements which can be processed in a single search rake. In some cases the number of rake elements per search rake could be increased such as if demod front end 122 has only one demodulation element assigned and hence only interrupts FHT processor engine 120 once per search rake. Therefore in the preferred embodiment, the number of rake elements per search rake is controllable by channel element microprocessor 136. In alternative embodiments, the number of rake elements per search rake could be a fixed constant.

There also can be significant overhead delay when switching between source antennas at the input to the sample buffer or changing the search window starting point or width between searches. If one rake needs a particular set of samples and the next rake for a different antenna needs to use

an overlapping part of the buffer, the next rake must postpone processing until the next offset Walsh symbol boundary occurs, at which point a complete Walsh symbol of samples for the new antenna source is available. In FIG. 9, search rake 198 is processing data from a different antenna than search rake 197. Horizontal line 188 indicates the memory location corresponding to the new antenna input samples. Note that search rake 197 and 198 do not use any common memory locations.

For every time slice, two Walsh chips of samples must be written to the sample buffer and one full Walsh symbol of samples may be read from the sample buffer. In the preferred embodiment, there are 64 clock cycles during each time slice. A full Walsh chip of samples is comprised of four sets of samples: ontime I channel samples, late I channel samples, ontime Q channel samples and late Q channel samples. In the preferred embodiment, each sample is four bits. Therefore sixty four bits per clock are needed from antenna sample buffer 172. Using a single port RAM, the most straightforward buffer design doubles the word width to 128 bits, and splits the buffer into two 64 bit wide, 64 word, independently read/writeable even and odd Walsh chip buffers 168, 170. The much less frequent writes to the buffer are then multiplexed in between reads, which toggle between the two banks on successive clock cycles.

The Walsh chip samples read from the even and odd Walsh chip buffers 168, 170 has an arbitrary alignment to the physical RAM word alignment. Therefore on the first read of a time slice, both halves are read into despreader 178 to form a two Walsh chip wide window from which the single Walsh chip with the current offset alignment is obtained. For even Walsh chip search offsets, the even and odd Walsh chip buffer address for the first read are the same. For odd Walsh chip offsets, the even address for the first read is advanced by one from the odd address to provide a consecutive Walsh chip starting from the odd half of the sample buffer. The additional Walsh chips needed by despreader 178 can be passed thereto by a read from a single Walsh chip buffer. Successive reads then ensure that there is always a refreshed two Walsh chip wide window from which to draw a Walsh chip of data aligned to the current offset being processed.

Referring again to FIG. 5, for each rake element in a search rake, the same Walsh symbol of PN sequence data from PN sequence buffer 176 is used in the despreading process. For every clock cycle of a time slice, four pairs of PN-I' and PN-Q' are needed. Using a single port RAM, the word width is doubled and read from half as often. The single write to PN sequence

buffer 176 needed per time slice is then performed on a cycle not used for reading.

Because the searching process can specify searching PN offsets of up to two Walsh symbols delayed from the current time, four Walsh symbols worth of PN sequence data must be stored. In the preferred embodiment PN sequence buffer 176 is a one hundred and twenty eight word by sixteen bit RAM. Four Walsh symbols are required because the starting offset can vary by 2 Walsh symbols and once the starting offset is chosen, one Walsh symbol worth of PN sequence is need for correlation meaning three Walsh symbols worth of data is need for the despreading process. Because the same PN sequence is repeatedly used, the data in PN sequence buffer 176 cannot be overwritten during the despreading process corresponding to a single search rake. Therefore an additional Walsh symbol worth of memory is needed to store the PN sequence data as it is generated.

The data that is written into both PN sequence buffer 176 and antenna sample buffer 172 is provided by searcher front end 174. A block diagram of searcher front end 174 is shown in FIG. 10. Searcher front end 174 includes short code I and Q PN generators 202, 206 and the long code User PN generator 204. The values output by short code I and Q PN generators 202, 206 and the long code User PN generator 204 are determined in part by the time of day. Each base station has a universal timing standard such as GPS timing to create a timing signal. Each base station also transmits its timing signal over the air to the remote units. At the base station, the timing reference is said to have zero offset because it is aligned to the universal reference.

The output of long code User PN generator 204 is logically XOR'd with the output of short code I and Q PN generators 202, 206 by XOR gates 208 and 210 respectively. (This same process is also performed in the remote unit and the output is used to modulate the remote unit's transmitted signal.) The output of XOR gates 208 and 210 is stored in serial to parallel shift register 212. Serial to parallel shift register 212 buffers the sequences up to the width of PN sequence buffer 176. The output of serial to parallel shift register 212 is then written into PN sequence buffer 176 at an address taken from the zero offset reference time. In this way, searcher front end 174 provides the PN sequence data to PN sequence buffer 176.

Searcher front end 174 also provides antenna samples to antenna sample buffer 172. Receive samples 118 are selected from one of a plurality of antennas via a MUX 216. The selected receive samples from MUX 216 are passed to latch 218 where they are decimated, meaning one quarter of the samples are selected for use in the searching process. Receive samples 118

have been sampled at eight times the PN chip rate by analog transmitter receiver 116 (of FIG. 4). Processing within the searching algorithm is designed for samples taken at one half the chip rate. Therefore only one quarter of the received samples need be passed to antenna sample buffer 172.

5 The output of the latch 218 is fed to serial to parallel shift register 214, which buffers the samples up to the width of antenna sample buffer 172. The samples are then written into even and odd Walsh chip buffers 168, 170 at addresses also taken from the zero offset reference time. In this way, despreaders 178 can align the antenna sample data with a known offset with
10 respect to the PN sequence.

Referring again to FIG. 5, for each clock cycle in a time slice, despreaders 178 takes a Walsh chip of antenna samples from antenna sample buffer 172 and a corresponding set of PN sequence values from PN sequence buffer 176 and outputs an I and Q channel Walsh chip to FHT processor engine 120 through MUX 124.
15

FIG. 11 shows a detailed block diagram of despreaders 178. Even Walsh chip latch 220 and odd Walsh chip latch 222 latch the data from even Walsh chip buffer 168 and odd Walsh chip buffer 170 respectively. MUX bank 224 extracts the Walsh chip of samples to be used from the two Walsh chips
20 worth of samples presented by even and odd Walsh chip latches 220 and 222. MUX select logic 226 defines the boundary of the selected Walsh chip based on the offset of the rake element being processed. A Walsh chip is output to OQPSK despreaders XOR bank 228.

The PN sequence values from PN sequence buffer 176 are latched by PN sequence latch 234. Barrel shifter 232 rotates the output of PN sequence latch 234 based on the offset of the rake element being processed and passes the PN sequence to OQPSK despreaders XOR bank 228 which conditionally inverts the antenna samples based on the PN sequence. The XOR'd values are then summed through adder tree 230 which performs the sum operation
25 in the OQPSK despread, and then sums four despread chip outputs together to form a Walsh chip for input to FHT processor engine 120.
30

Referring again to FIG. 5, FHT processor engine 120 takes sixty-four received Walsh chips from despreaders 178 through MUX 124, and using a 6-stage butterfly trellis, correlates these sixty-four input samples with each of
35 the sixty-four Walsh functions in a sixty-four clock cycle time slice. Max detect 160 can be used to find the largest of the correlation energies output from FHT processor engine 120. The output of MAX detect 160 is passed on to search result processor 162 which is part of integrated search processor 128.

Search result processor 162 is detailed in FIG. 12. Search result processor 162 also operates in a time sliced manner. The control signals provided to it are pipeline delayed to match the two time slice delay from the start of inputting Walsh chips to FHT processor engine 120 to obtaining the maximum energy output. As explained above, a set of search window parameters may designate that a number of Walsh symbols worth of data be accumulated before the results of the chosen offset are processed. In the parameters used with the example of FIGS. 6, 7, 8, and 9, the number of symbols to accumulate is 2. Search result processor 162 performs the summing function along with other functions.

As search result processor 162 performs the sums over consecutive Walsh symbols, it must store a cumulative sum for each rake element in the search rake. These cumulative sums are stored in Walsh symbol accumulation RAM 240. The results of each search rake are input to summer 242 from max detect 160 for each rake element. Summer 242 sums the present result with the corresponding intermediate value available from Walsh symbol accumulation RAM 240. On the final Walsh symbol accumulation for each rake element, the intermediate result is read from Walsh symbol accumulation RAM 240 and summed by summer 242 with the final energy from that rake element to produce a final search result for that rake element offset. The search results are then compared with the best results found in the search up to this point as explained below.

In the above mentioned co-pending U.S. Patent Application Serial No. 08/144,902 entitled "DEMODULATION ELEMENT ASSIGNMENT IN A SYSTEM CAPABLE OF RECEIVING MULTIPLE SIGNALS," the preferred embodiment assigns the demodulation elements based on the best results from a search. In the present preferred embodiment, the eight best results are stored in best result register 250. (A lesser or greater number of results could be stored in other embodiments.) Intermediate result register 164 stores the peak values and their corresponding rank order. If the current search result energy exceeds at least one of the energy values in intermediate result register 164, search result processor control logic 254 discards the eighth best result in intermediate result register 164, and inserts the new result, along with its appropriate rank, the PN offset, and antenna corresponding to the rake element result. All lesser ranked results are "demoted" one ranking. There are a great number of methods well known in the art for providing such a sorting function. Any one of them could be used within the scope of this invention.

Search result processor 162 has a local peak filter basically comprised of comparator 244 and previous energy latch 246. The local peak filter, if enabled, prevents intermediate result register 164 from being updated even though a search result energy would otherwise qualify for inclusion, unless
5 the search result represents a local multipath peak. In this way, the local peak filter prevents strong, broad "smeared" multipath from filling multiple entries in intermediate result register 164, leaving no room for weaker but distinct multipath that may make better candidates for demodulation.

The implementation of the local peak filter is straightforward. The
10 energy value of the previous rake element summation is stored in previous energy latch 246. The present rake element summation is compared to the stored value by comparator 244. The output of comparator 244 indicates which of its two inputs is larger and is latched in search result processor control logic 254. If the previous sample represented a local maxima, search
15 result processor control logic 254 compares the previous energy result with the data stored in intermediate result register 164 as described above. If the local peak filter is disabled by channel element microprocessor 136 then the comparison with intermediate result register 164 is always enabled. If either the leading or the last rake element at the search window boundary has a
20 slope, then the slope latch is set so the boundary edge value can be considered as a peak as well.

The simple implementation of this local peak filter is aided by the progression of the reads toward earlier symbols within a search rake. As illustrated in FIGS. 6, 7, 8, and 9, within a search rake each rake element
25 progress toward signals arriving earlier in time. This progression means that within a search window, the last rake element of a search rake and the first rake element of the subsequent search rake are contiguous in offset. Therefore, the local peak filter operation does not have to change and the output of comparator 244 is valid across search rake boundaries.

30 At the end of processing a search window, the values stored in intermediate result register 164 are transferred to best result register 250 readable by channel element microprocessor 136. Search result processor 162 has thus taken much of the workload from channel element microprocessor 136, which in the system of FIG. 2 needed to handle each rake
35 element result independently.

The preceding sections have focused on the processing data path of integrated search processor 128 and have detailed how raw antenna samples 118 are translated into a summary multipath report at the output of

best result register 250. The following sections detail how the each of the elements in the search processing data path are controlled.

Search control block 166 of FIG. 5 is detailed in FIG. 13. As mentioned previously, channel element microprocessor 136 specifies a search parameter set including the group of antennas to search over as stored in antenna select buffer 348, the starting offset as stored in search offset buffer 308, the number of rake elements per search rake as stored in rake width buffer 312, the width of the search window as stored in search width buffer 314, the number of Walsh symbols to accumulate as stored in Walsh symbol accumulation buffer 316, and a control word as stored in control word buffer 346.

The starting offset stored in search offset buffer 308 is specified with eighth chip resolution. The starting offset controls which samples are removed by decimation by latch 218 of FIG. 10 in searcher front end 174. Due to the two Walsh symbol wide antenna sample buffer 172 in this embodiment, the largest value of the starting offset is half of a PN chip less than two full Walsh symbols.

Up until this point, the generic configuration to perform a search has been disclosed. In reality there are several classes of predefined searches. When a remote unit initially attempts to access the system, it sends a beacon signal called a preamble using the Walsh zero symbol. Walsh zero symbol is the Walsh symbol which contains all logical zeros instead of half ones and zeroes as described above. When a preamble search is performed, the searcher looks for any remote unit sending a Walsh zero symbol beacon signal on an access channel. The search result for a preamble search is the energy for the Walsh zero symbol. When an acquisition mode access channel search is performed, max detect 160 outputs the energy for Walsh zero symbol regardless of the maximum output energy detected. The control word stored in control word buffer 346 includes a preamble bit which indicates when a preamble search is being performed.

As discussed above, the power control mechanism of the preferred embodiment measures the signal level received from each remote unit and creates a power control indication to command the remote unit to raise or lower the remote unit's transmit power. The power control mechanism operates over a set of Walsh symbols called a power control group during traffic channel operation. (Traffic channel operation follows access channel operation and implies operation during an active call.) All the Walsh symbols within a single power control group are transmitted using the same power control indication command at the remote unit.

Also as described above, in the preferred embodiment of the present invention, the signal transmitted by the remote unit is of a variable rate during traffic channel operation. The rate used by the remote unit to transmit the data is unknown at the base station during the searching process. As the
5 consecutive symbols are accumulated, it is imperative that the transmitter is not gated off during the accumulation. Consecutive Walsh symbols in a power control group are gated as a group meaning that the 6 Walsh symbols comprising a power control group in the preferred embodiment are all gated on or all gated off.

10 Thus when the search parameter specifies that a plurality of Walsh symbols be accumulated during traffic channel operation, the searching process must align each search rake to begin and end within a single power control group. The control word stored in control word buffer 346 includes a power control group alignment bit. With the power control group alignment
15 bit set to one indicating a traffic channel search, the searching process synchronizes to the next power control group boundary instead of just the next offset Walsh symbol boundary.

The control word stored in control word buffer 346 also includes the peak detection filter enable bit as discussed earlier in conjunction with FIG. 8.

20 The searcher operates either in continuous or single step mode, according to the setting of the continuous/single step bit of the control word. In single step mode, after a search is performed, integrated search processor 128 returns to an idle state to await further instructions. In continuous mode, integrated search processor 128 is always searching, and by
25 the time channel element microprocessor 136 is signaled that the results are available, integrated search processor 128 has started the next search.

Search control block 166 produces the timing signals used to control the searching process performed by integrated search processor 128. Search control block 166 sends the zero offset timing reference to short code I and Q
30 PN generators 202, 206 and long code User PN generator 204, and the enable signal to decimator latch 218 and the select signal to MUX 216 in searcher front end 174. It provides the read and write addresses for PN sequence buffer 176 and even and odd Walsh chip buffers 168 and 170. It outputs the current offset to control the operation of despreader 178. It provides the
35 intra-time slice timing reference for FHT processor engine 120, and determines whether the searching process or the demodulation process uses FHT processor engine 120 by controlling FHT input MUX 124. It provides several pipeline delayed versions of certain internal timing strobes to search result processor control logic 254 of FIG. 12 to allow it to sum search results

across a rake of offsets for a number of Walsh symbol accumulations. Search control block 166 provides best result register 250 with the pipelined offset and antenna information corresponding to accumulated energy values stored.

5 In FIG. 13, system time count 342 is slaved to the zero offset time reference. In the preferred embodiment as previously detailed, the system clock runs at eight times the PN chip rate. There are 256 PN chips in a Walsh symbol, and 6 Walsh symbols in a power control group for a total of $6 \times 256 \times 8 = 12,288$ system clocks per power control group. Therefore in the preferred embodiment, system time count 342 is comprised of a fourteen bit
10 counter that counts the 12,288 system clocks. The input reference for short code I and Q PN generators 202, 206 and long code User PN generator 204 of FIG. 10 in searcher front end 174 is taken from system time count 342. (Long code User PN generator 204 output is also based on a longer system wide reference which does not repeat for approximately 50 days. The longer system
15 wide reference is not controlled by the searching process and acts as a preset value. The continuing operation based on the preset value is controlled by system time count 342.) The addresses for PN sequence buffer 176 and even and odd Walsh chip buffers 168 and 170 are taken from system time count 342. System time count 342 is latched by latch 328 at the beginning of each time
20 slice. The output of latch 328 is selected via address MUX's 330, 332, and 334 which provide the write addresses corresponding to the current time slice when these buffers are written at some latter time within the time slice.

Offset accumulator 310 keeps track of the offset of the rake element currently being processed. The starting offset as stored in search offset
25 buffer 308 is loaded into offset accumulator 310 at the beginning of each search window. Offset accumulator 310 is decremented with each rake element. At the end of each search rake that is to be repeated for further accumulations, the number of rake elements per search rake as stored in rake width buffer 312 is added back to the offset accumulator to reference it back to the first offset in
30 the search rake. In this way, the searching process again sweeps across the same search rake for another Walsh symbol accumulation. If the searching process has swept across the current search rake on its final Walsh symbol accumulation then offset accumulator 310 is decremented by one by selection of the "-1" input of repeat rake MUX 304 which produces the offset of the first
35 rake element in the next search rake.

The output of offset accumulator 310 always represents the offset of the current rake element being processed and thus is used to control data input to despreaders 178. The output of offset accumulator 310 is added by adders 336 and 338 to the intra-time slice timing output of system time count 342 to

generate the address sequence within a time slice corresponding to a rake element. The output of adders 336 and 338 is selected via address MUX's 330 and 332 to provide antenna sample buffer 172 read addresses.

5 The output of offset accumulator 310 is also compared by comparator 326 with the output of system time count 342 to form the offset Walsh symbol strobe which indicates that antenna sample buffer 172 has sufficient valid data for the searching process to begin.

Search rake count 320 keeps track of the number of rake elements remaining to be processed in the current search rake. Search rake count 320 is loaded with the width of the search window as stored in search width buffer 314 at the beginning of a search window. Search rake count 320 is incremented after the processing of the final Walsh symbol accumulation of each search rake is complete. When it reaches its terminal count, all offsets in the search window have been processed. To provide a indication that the end of the current search window is imminent, the output of search rake count 320 is summed by summer 324 with the output of rake width buffer 312. The end of the search window indication marks the time at which antenna sample buffer 172 may begin to be filled with data samples from an alternative antenna in preparation for the next search window without disrupting the contents needed for the current search window.

When channel element microprocessor 136 specifies a search window, it can specify that the search window be performed for a plurality of antennas. In such a case, the identical search window parameters are repeated using samples from a series of antennas. Such a group of search windows is called an antenna search set. If an antenna search set is specified by channel element microprocessor 136, the antenna set is programmed by the value stored in antenna select buffer 348. After the completion of an antenna search set, channel element microprocessor 136 is alerted.

30 Rake element count 318 contains the number of rake elements left to process in the current search rake. Rake element count 318 is incremented once for each rake element processed and is loaded with the output of rake width buffer 312 when the searching process is in the idle state or upon completion of a search rake.

35 Walsh symbol accumulation count 322 counts the number of Walsh symbols left to accumulate for the current search rake. The counter is loaded with the number of Walsh symbols to accumulate as stored in Walsh symbol accumulation buffer 316 when the searching process is in the idle state or after completing a search rake sweep on the final Walsh symbol accumulation.

Otherwise the counter is incremented with the completion of each search rake.

Input valid count 302 is loaded whenever the input antenna or decimator alignment changes. It is loaded with the minimum number of samples the searching process needs to process a search rake based on the output of rake width buffer 312 (i.e. one Walsh symbol plus one rake width worth of samples). Each time an antenna sample is written to antenna sample buffer 172, input valid count 302 is incremented. When it reaches its terminal count, it sends an enable signal that allows the searching process to begin. Input valid count 302 also provides the mechanism for holding off search processing when the offsets of successive search windows do not allow continuous processing of data.

The searching process operates in either an idle state, a sync state, or an active state. Searcher sequencing control 350 maintains the current state. Integrated search processor 128 initializes to the idle state when a reset is applied to channel element modem 110. During the idle state, all counters and accumulators in search control block 166 load their associated search parameters as presented above. Once channel element microprocessor 136 commands the searching process to begin a continuous or a single step search via the control word, integrated search processor 128 moves to the sync state.

In the sync state, the searching process is always waiting for an offset Walsh symbol boundary. If the data in antenna sample buffer 172 isn't valid yet, or if the power control group alignment bit is set and the Walsh symbol is not a power control group boundary, then integrated search processor 128 remains in the sync state until the proper conditions are met on a subsequent offset Walsh symbol boundary. With a properly enabled offset Walsh symbol, the searching process can move to the active state.

Integrated search processor 128 stays in the active state until it has processed a search rake, at which time it normally returns to the sync state. If integrated search processor 128 is in single step mode, it can go from the active state to the idle state after completing the last rake element for the final Walsh symbol accumulation for the last search rake in the search window. Integrated search processor 128 then waits for channel element microprocessor 136 to initiate another search. If instead, integrated search processor 128 is in continuous mode then at this point it loads the new search parameter set and returns to the sync state to await the offset Walsh symbol at the initial offset to be processed in the new search. The active state is the only state in which the antenna data samples are processed. In the idle or sync states the searching process simply keeps track of time with system time

count 342 and continues to write into the PN sequence buffer 176 and antenna sample buffer 172 so that when the searching process does move to the active state these buffers are ready to be used.

FIG. 14 is an exemplary timing view of the first Walsh symbol accumulation of the second search rake in a search window such as search rake 196 shown in FIG. 9. The third Walsh symbol as referenced to the zero offset reference system time clock is shown divided into thirty-two time slices. Searcher state 372 changes from sync to active when the offset Walsh symbol boundary indication corresponding to Walsh symbol 3 indicates that antenna sample buffer 172 is ready with valid samples to process at that offset. During the next available time slice, the first rake element of the search rake is processed. The searching process continues to use each time slice to process a rack element as indicated by an "S" in time slices 374 unless demod front end 122 uses FHT processor engine 120 as indicated by an "D" in time slices 374. The searching process finishes processing every rake element in the rake and returns to the sync state before the next offset Walsh symbol boundary corresponding to Walsh symbol 4. Also shown is search rake count state 362 being incremented during the active state until it reaches the terminal state, indicating the complete search rake has been processed. Offset count state 364 is shown being incremented between each time slice corresponding to a rake element, so that it may be used to derive the sample buffer offset read address during the time slice. Offset count state 364 is pipelined delayed as offset count for best result register 366. The offset count 368 is incremented on the final Walsh symbol accumulation 370 pass.

Thus, a single integrated searcher processor configuration, by buffering antenna samples and utilizing a time sliced transform processor, can independently sequence through a search as configured by a search parameter set, analyze the results and present a summary report of the best paths to use for demodulation element reassignment. This reduces the searching related workload of the controlling microprocessor so that a less expensive microprocessor can be used, and also reduces the direct IC costs by allowing a complete channel element modem on a single IC.

The general principles described herein can be used in systems using alternative transmission schemes. The discussion above was based on the reception of a reverse link signal where no pilot signal is available. On the forward link of the preferred embodiment, the base station transmits a pilot signal. The pilot signal is a signal having known data thus the FHT process used to determine which data was transmitted is not necessary. In order to embody the present invention, a integrated search processor for receiving a

signal comprising a pilot signal would not contain the FHT processor or maximum detection function. For example FHT processor engine 120 and max detect 160 blocks of FIG. 5 could be replaced with simple accumulator 125 as shown in FIG. 15. The searching operation when a pilot signal is available is analogous to an acquisition mode access channel search operation as described above.

The searching architecture described above can be used to perform searches in a variety of manners. The most efficient search is a linear search. A linear search is performed by linearly searching potential time offsets in order regardless of the probability that the remote unit is transmitting. When searching for a remote unit signal, the base station must know the expected coverage area range. For example a typical base station covers a range of approximately 50 kilometers implying a round trip delay of 350 microseconds or approximately 430 PN chips in the preferred embodiment. Also, in the multipath environment where signals take nondirect paths, the remote unit signal may be delayed as much as twice the direct path propagation implying that searching must be done over a set of nearly 1000 different PN offsets. Once a remote unit's signal has been detected and is being demodulated, the approximate distance of the remote unit is known and the possible PN offsets which need to be searched to ensure that the majority valid multipath signals are detected are greatly reduced.

Within a given search over a power control group, there are three reasons why a signal may not be detected at a given PN offset. First, no signal may be arriving at the given PN offset. A remote unit may provide several multipath signals but the number of multipath signals created is only a very small portion of all the offsets searched. Thus the majority of searched offsets do not produce energy results that exceed the detection threshold precisely because no remote unit signal is present at that offset.

Secondly, the signal may be arriving at the given PN offset but faded during a large portion of the search integration time. As explained above, the multipath characteristic of a radio channel can result in signal fading. Fading is the result of the phasing characteristics of the multipath channel. A fade occurs when multipath vectors are added destructively, yielding a received signal that is smaller than either individual vector. Thus if a signal which is long term valid happens to be in a deep fade at the time the search is made, no signal is available for detection by the searching process.

Thirdly, the signal would have arrived at the given PN offset but for the fact that the transmitter of the remote unit is gated off during the period of time in question. As explained above, in the preferred embodiment the

remote unit produces a bursty signal. The remote unit comprises a variable rate vocoder which produces variable rate frames of data. The data burst randomizer determines during which time periods the remote unit transmits and during which time periods it does not transmit given the data rate of the signal to be transmitted, a remote unit specific identifying number, and the time of day. When operating at less than full rate, the data burst randomizer within the remote unit pseudorandomly distributes the active time periods within the transmission burst. A corresponding data burst randomizer is also included in the base station such that the base station can recreate the pseudorandom distribution based on the time of day and the remote unit specific identifying number but the rate information is not available during the searching process. As noted above, the eighth rate time periods determine a so called worthy group of time periods. In this way, regardless of the data rate of the transmitted signal, each time period corresponding to the worthy group is sure to correspond to a time when the corresponding remote unit was transmitting a signal. During all other time periods, the remote unit may or may not be transmitting depending on the corresponding encoding rate.

When a linear search is specified, in order to obtain valid power measurements, the searching process confines the search integration time (i.e. the number of Walsh accumulations at a single search offset) to begin and end within a single power control group as explained in greater detail above. A search that integrates only within a single power control group is said to be synchronized with the power control group boundaries. If the searching process at a given offset were accumulated without regard to power control group boundaries and the remote unit were transmitting at less than full rate, valid search results corresponding to a power control group where the remote unit's signal is gated on may be summed with noise accumulated during a subsequent power control group that remote unit's signal is gated off. The summation of the search results corresponding to the power control group where the remote unit's signal is gated off corrupt the otherwise valuable results accumulated during the power control that the remote unit's signal is gated on.

One method of searching would be to search only those power control groups corresponding to worthy groups. Even if such worthy group only searching is performed, the searching process and demodulation element assignment process must still be capable of handling the situation in which the energy accumulated does not exceed the detection threshold but in reality a signal is present at the offset due to the unpredictable fading characteristics

of the channel. Therefore a more efficient scheme is to accumulate energy in all power control groups whether or not they correspond to worthy groups. If energy is detected in a search which does not correspond to a worthy group, an additional valid data point is generated over and above what would be generated based on a worthy group only search.

As noted above, a preamble search and a search performed during traffic channel operation are different. When a remote unit initially attempts to access the system, it sends a beacon signal called a preamble using the Walsh zero symbol. Walsh zero symbol is the Walsh symbol which contains all logical zeros instead of half ones and zeroes as described above. When a preamble search is performed, the searcher looks for any remote unit sending a Walsh zero symbol beacon signal on an access channel. In the preferred embodiment, the transmission of the preamble is always full rate and is never gated off. Therefore during a preamble search there is no need for synchronization with the power control group boundaries.

There are many configurations for spread spectrum multiple access communication systems not specifically described herein but with which the present invention is applicable. For example, other encoding and decoding means could be used instead of the Walsh encoding and FHT decoding. The previous description of the preferred embodiments is provided to enable any person skilled in the art to make or use the present invention. The various modifications to these embodiments will be readily apparent to those skilled in the art, and the generic principles defined herein may be applied to other embodiments without the use of the inventive faculty. Thus, the present invention is not intended to be limited to the embodiments shown herein but is to be accorded the widest scope consistent with the principles and novel features disclosed herein.

WE CLAIM:

CLAIMS

1. A method of receiving a signal comprised of a group of spread spectrum call signals sharing a common frequency band wherein each of said spread spectrum call signals comprises a series of bits encoded in groups of a fixed length into a series of symbols wherein a series of said symbols are grouped together in a power control group wherein each symbol in a common power control group is transmitted at a common power level and wherein said power control groups are transmitted in bursts, and isolating one of said call signals from among said group to determine a call signal strength at a path delay time offset from a zero offset reference time, said method comprising the steps of:
- storing PN sequence data bits in a PN sequence buffer;
 - storing a first received set of call signal samples in a sample buffer having a limited size;
 - despreading a first fixed length set of said call signal samples from said sample buffer corresponding to a first path delay time with a first set of PN sequence data bits from said PN sequence buffer to produce a first despread output;
 - storing a second received set of call signal samples in said sample buffer; and
 - despreading a second fixed length set of call signal samples from said sample buffer corresponding to a second path delay time with said first set of PN sequence data bits from said PN sequence buffer to produce a second despread output;
 - wherein said second fixed length set of call signal samples comprises a large number of the same call signal samples as said first fixed length set of call signal samples and wherein the length of said first and second received set of call signal samples is a fraction the fixed length of said first and second fixed length set of call signal samples;
 - wherein said steps of storing said first and second fixed length set of call signal samples and said steps of despreading said first and second fixed length set of call signal samples are performed independent of a probability that said one of said call signals is comprises one of said power control groups.

2. A method of receiving a signal comprised of a group of spread spectrum signals sharing a common frequency band and isolating a first signal from among said group of spread spectrum signals to determine a signal strength at a path delay time offset from a zero offset reference time of said first signal wherein said first signal comprises a series of symbols wherein a series of said symbols are grouped together in a symbol set wherein each symbol in a common symbol set is transmitted at a fixed power level wherein successive symbol sets may be transmitted at a variety of signal levels wherein said variety of signal levels includes a zero level wherein transmission of said first signal is gated off, said method comprising the steps of:

searching a first set of call signal samples corresponding to a first symbol set for said first signal at a first offset to produce a first power estimate thereof;

searching a second set of call signal samples corresponding to said first symbol set for said first signal at said first offset to produce a second power estimate thereof;

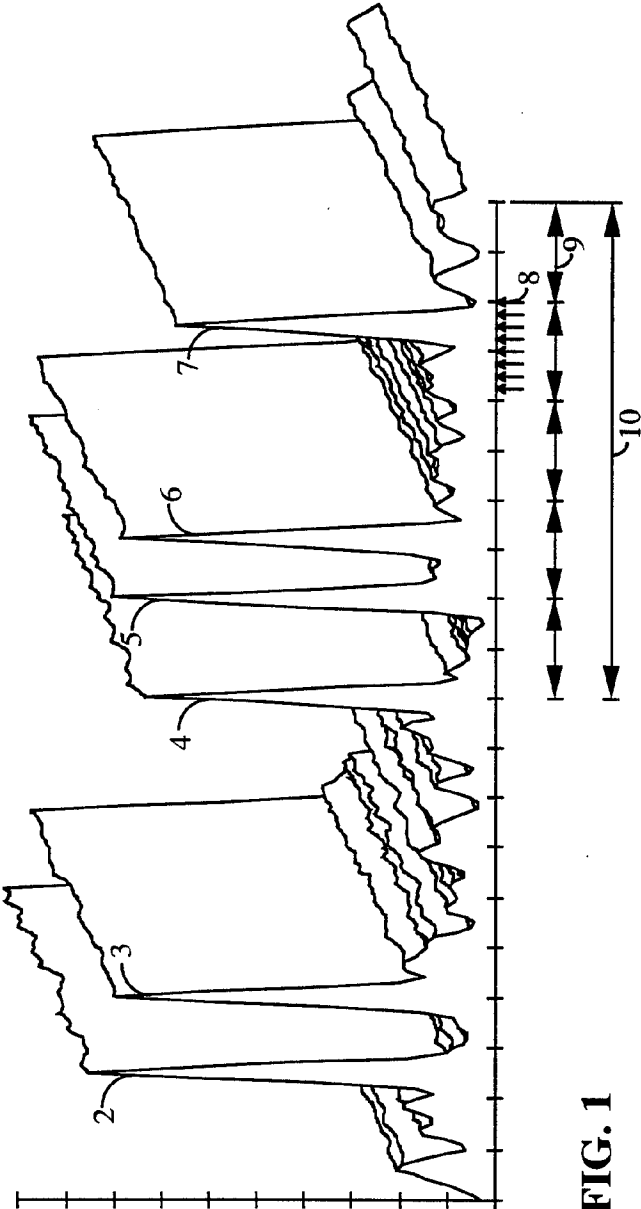
summing said first and second power estimates to produce a symbol set power level estimate at said first offset;

searching a third set of call signal samples corresponding to a second symbol set for said first signal at a second offset to produce a third power estimate thereof;

searching a fourth set of call signal samples corresponding to said second symbol set for said first signal at said second offset to produce a fourth power estimate thereof; and

summing said third and fourth power estimates to produce a symbol set power level estimate at said second offset;

wherein said first symbol set and said second symbol set correspond to time contiguous symbol sets and wherein said steps of searching are performed continually regardless of said fixed power level.



2/15

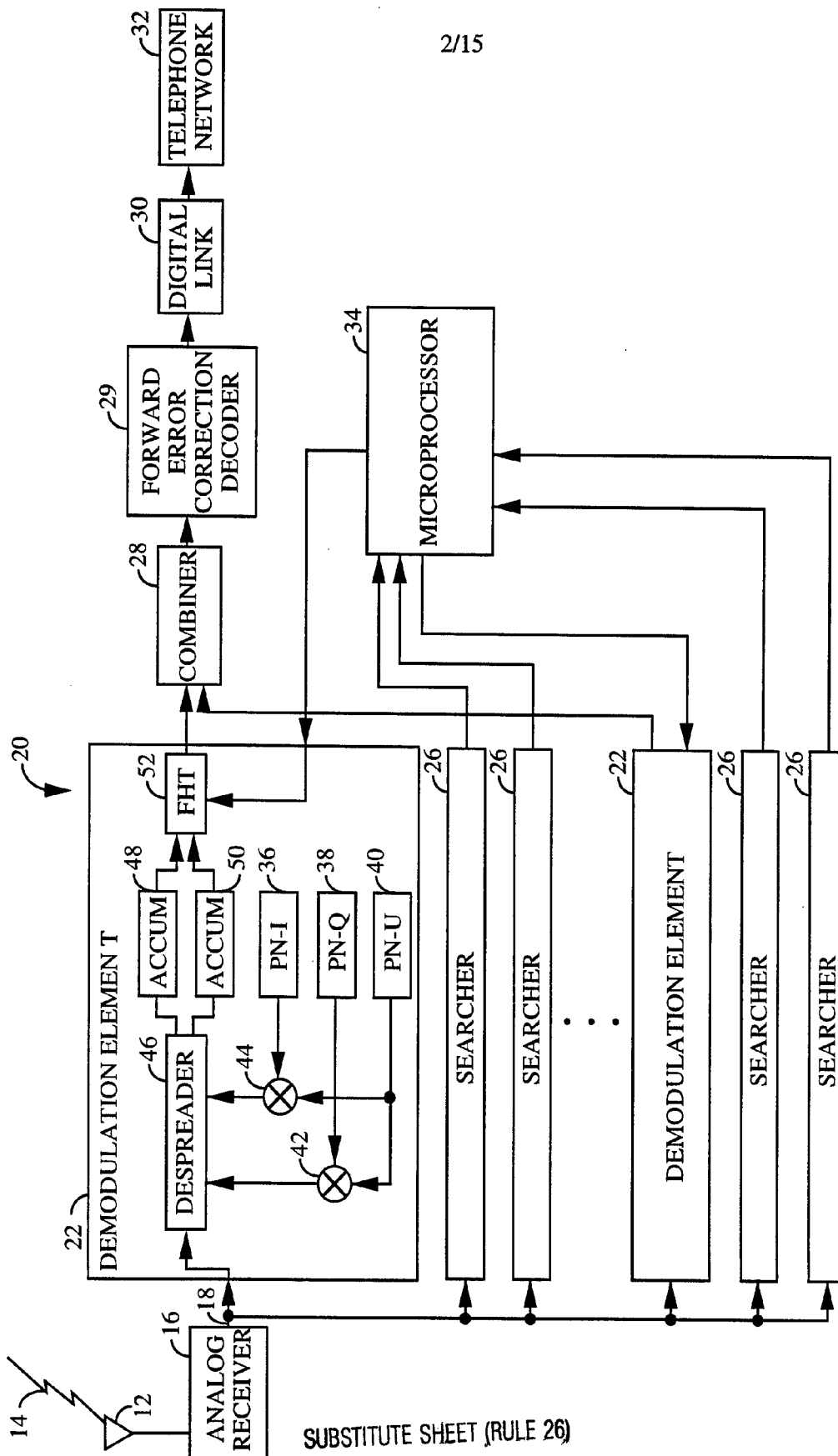


FIG. 2

3/15

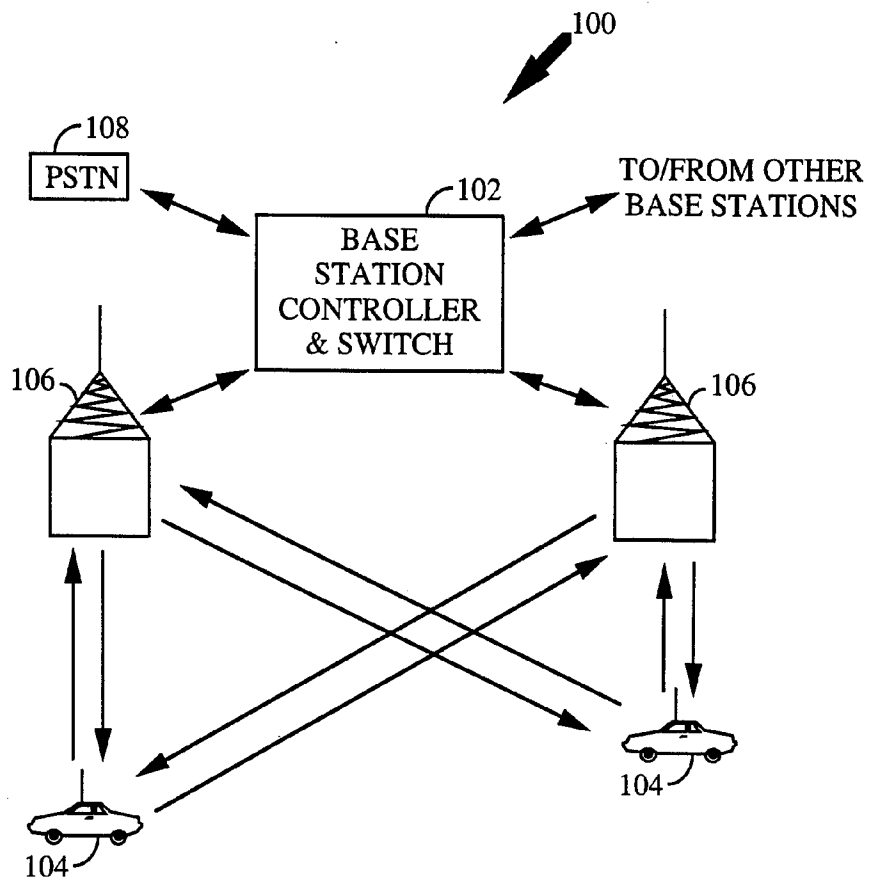


FIG. 3

4/15

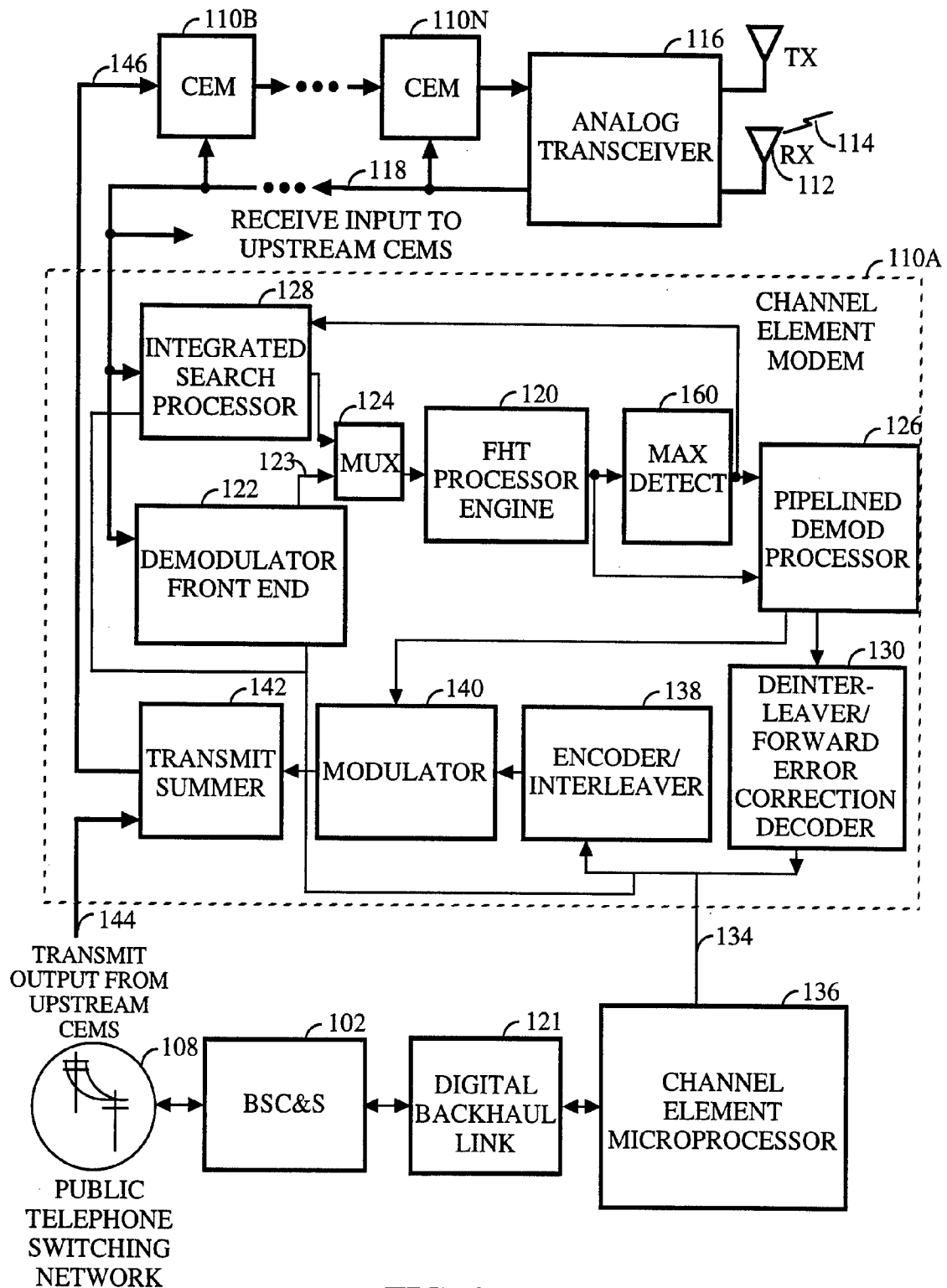


FIG. 4

5/15

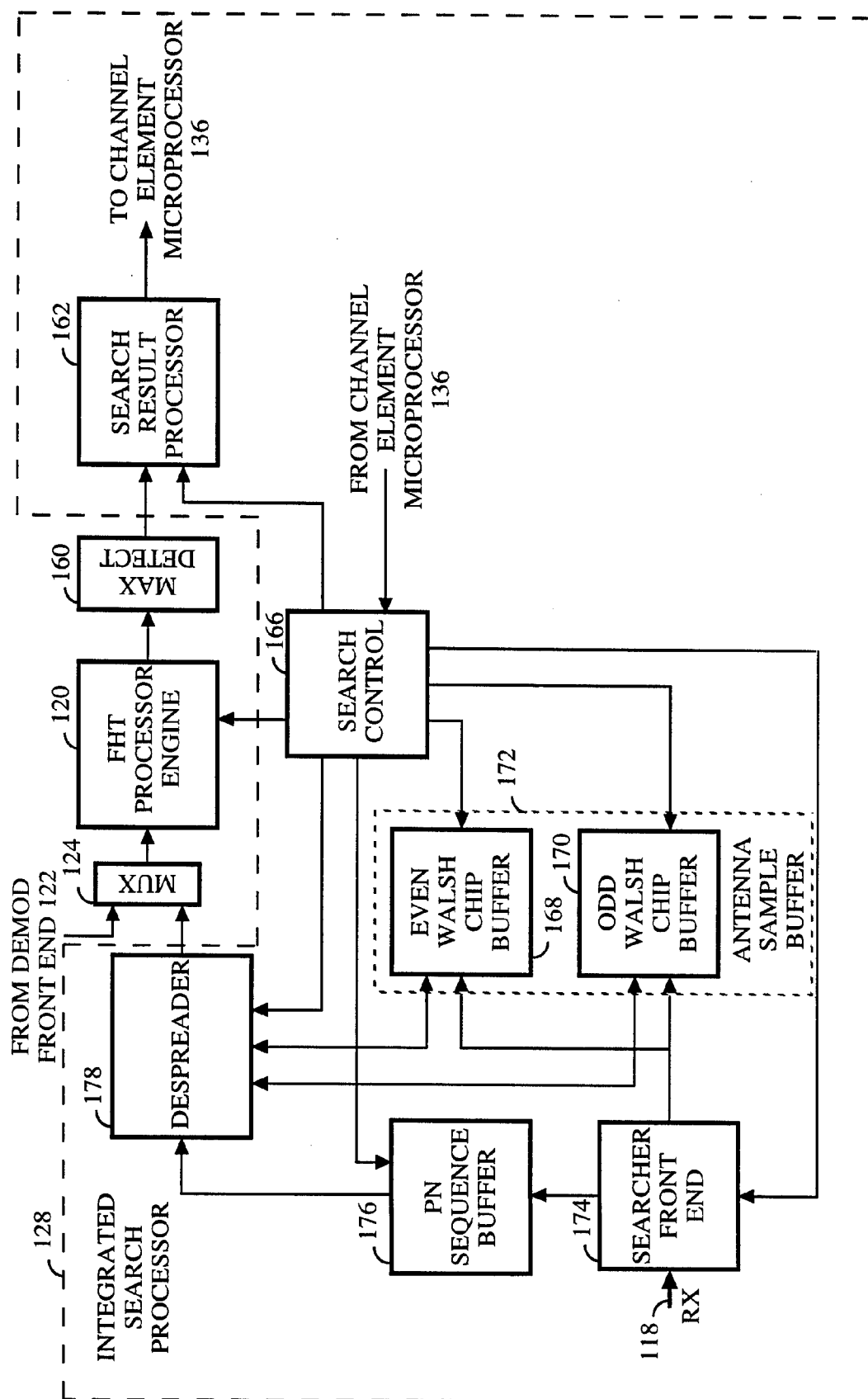


FIG. 5

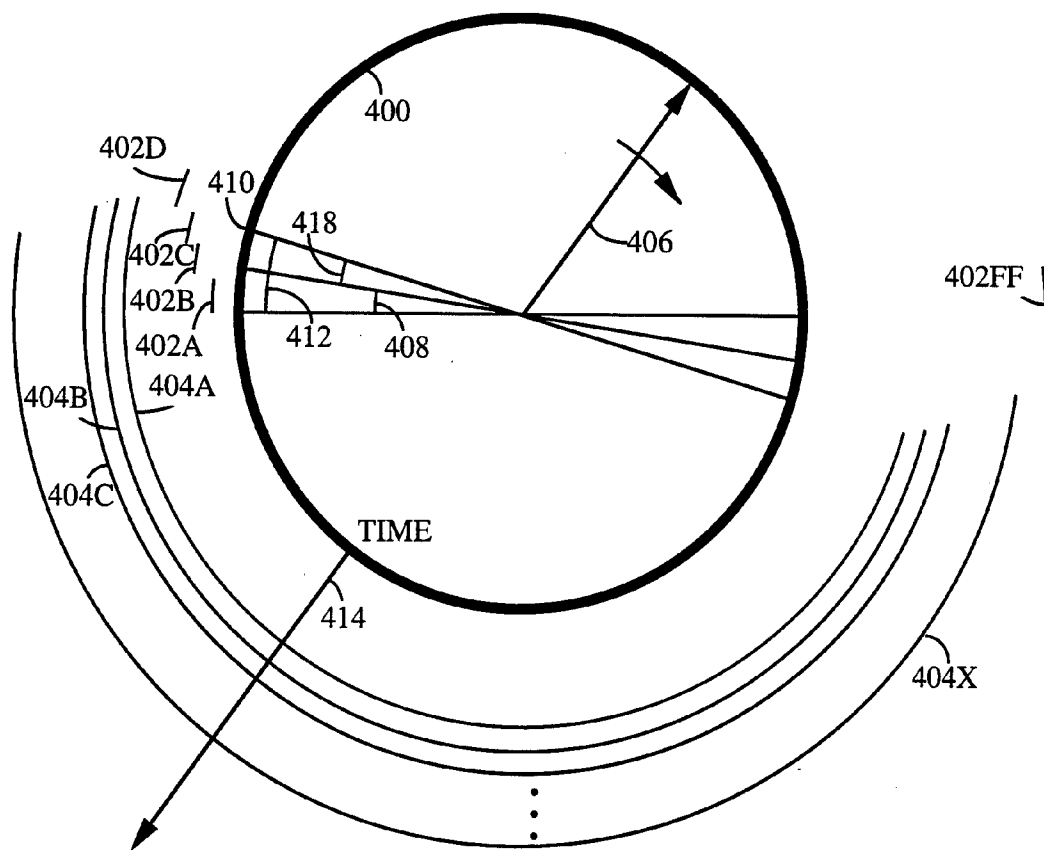


FIG. 6

7/15

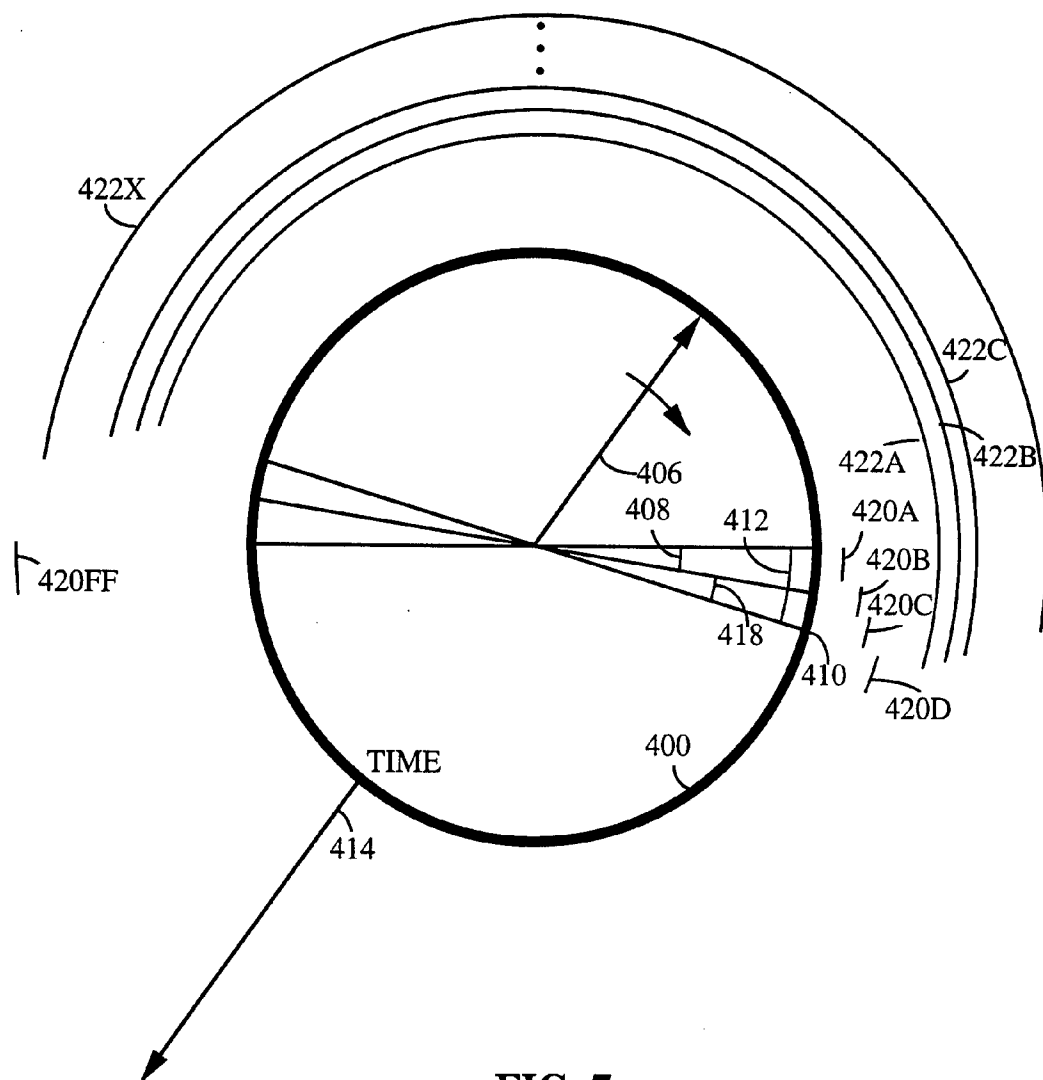


FIG. 7

8/15

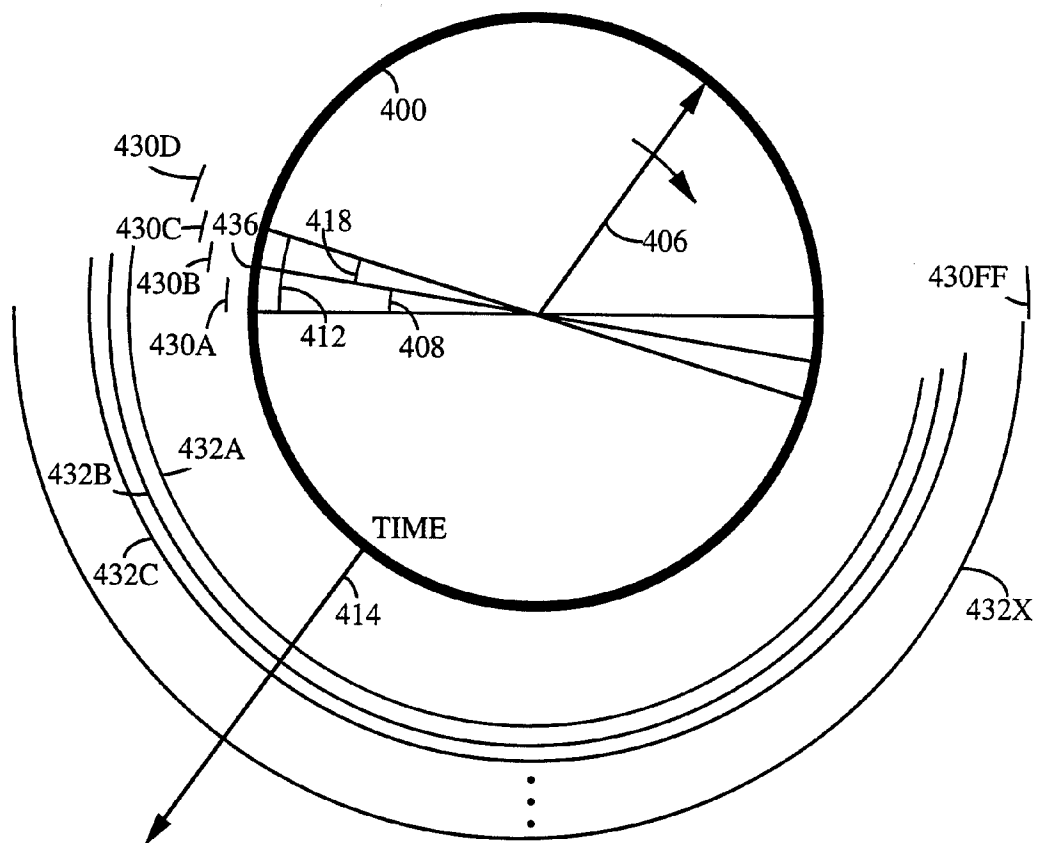


FIG. 8

9/15

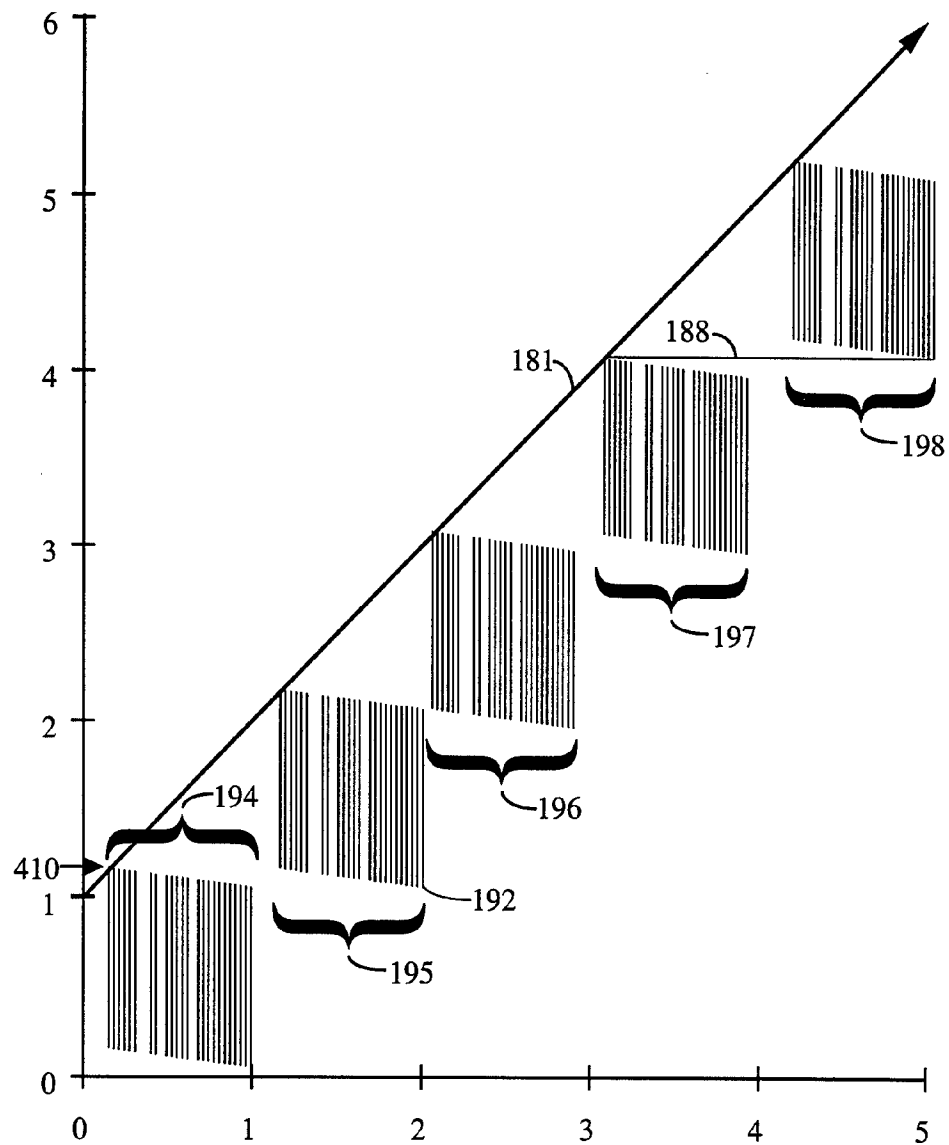
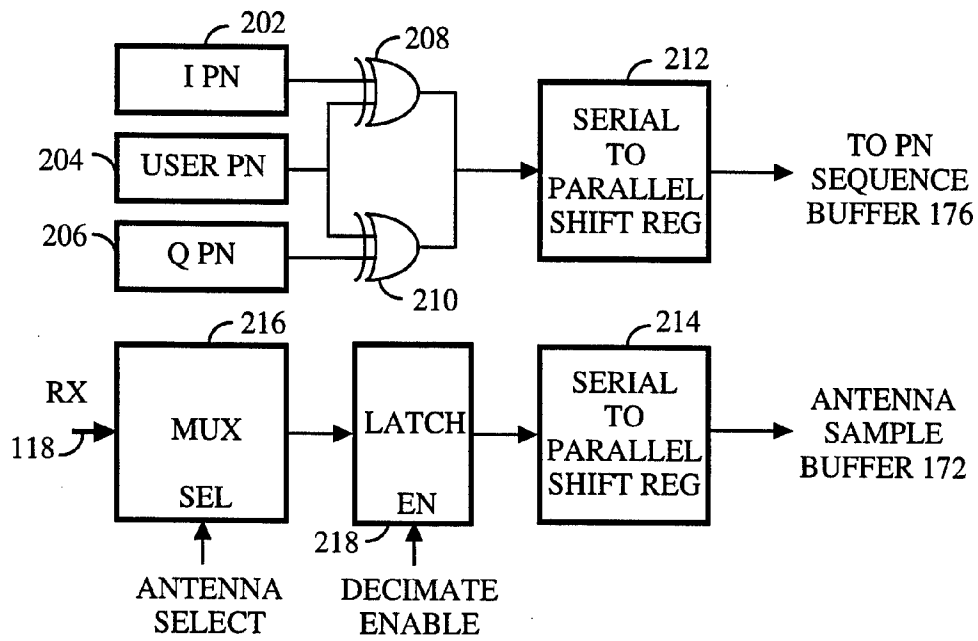


FIG. 9

10/15



174

FIG. 10

11/15

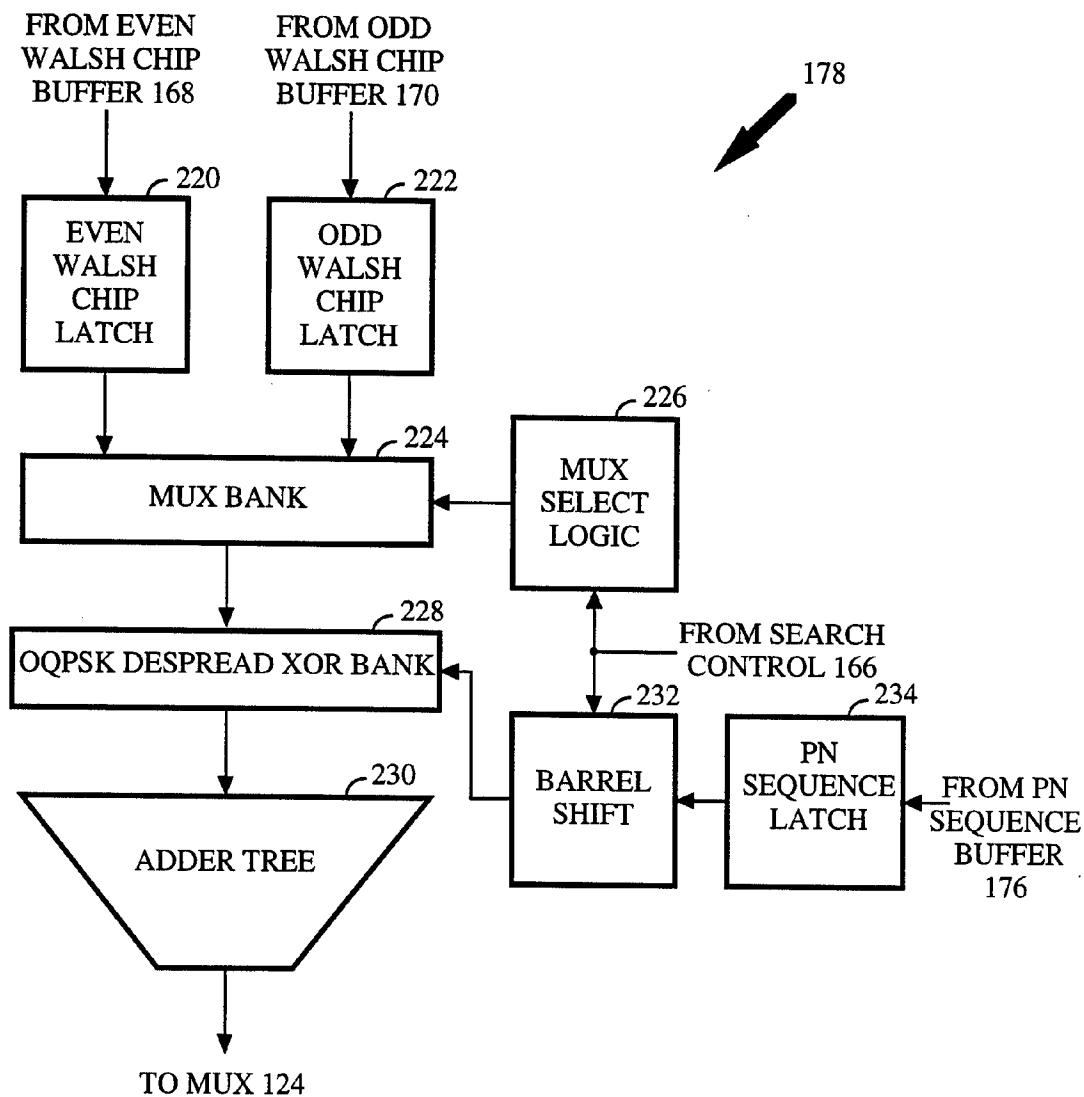


FIG. 11

12/15

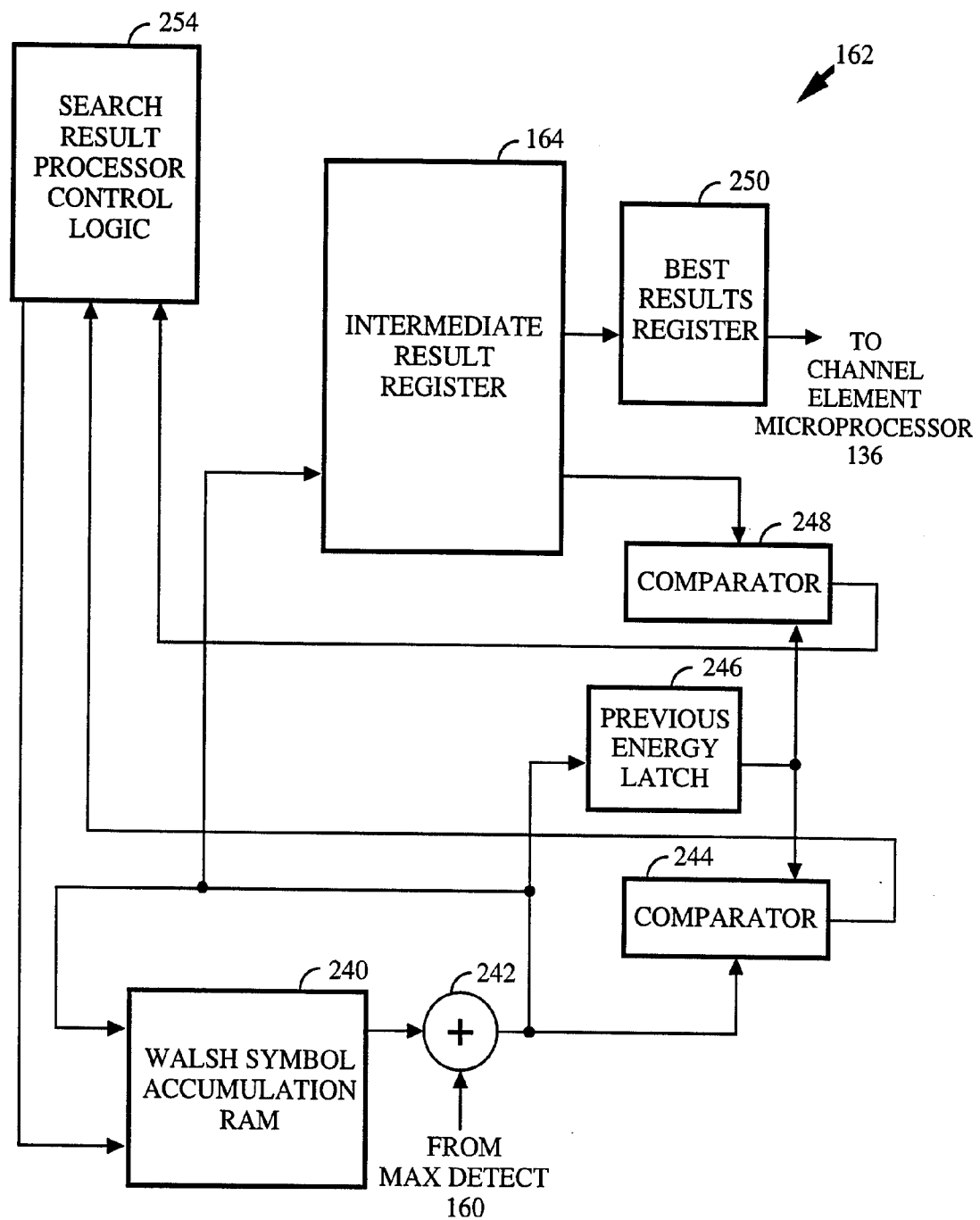


FIG. 12

13/15

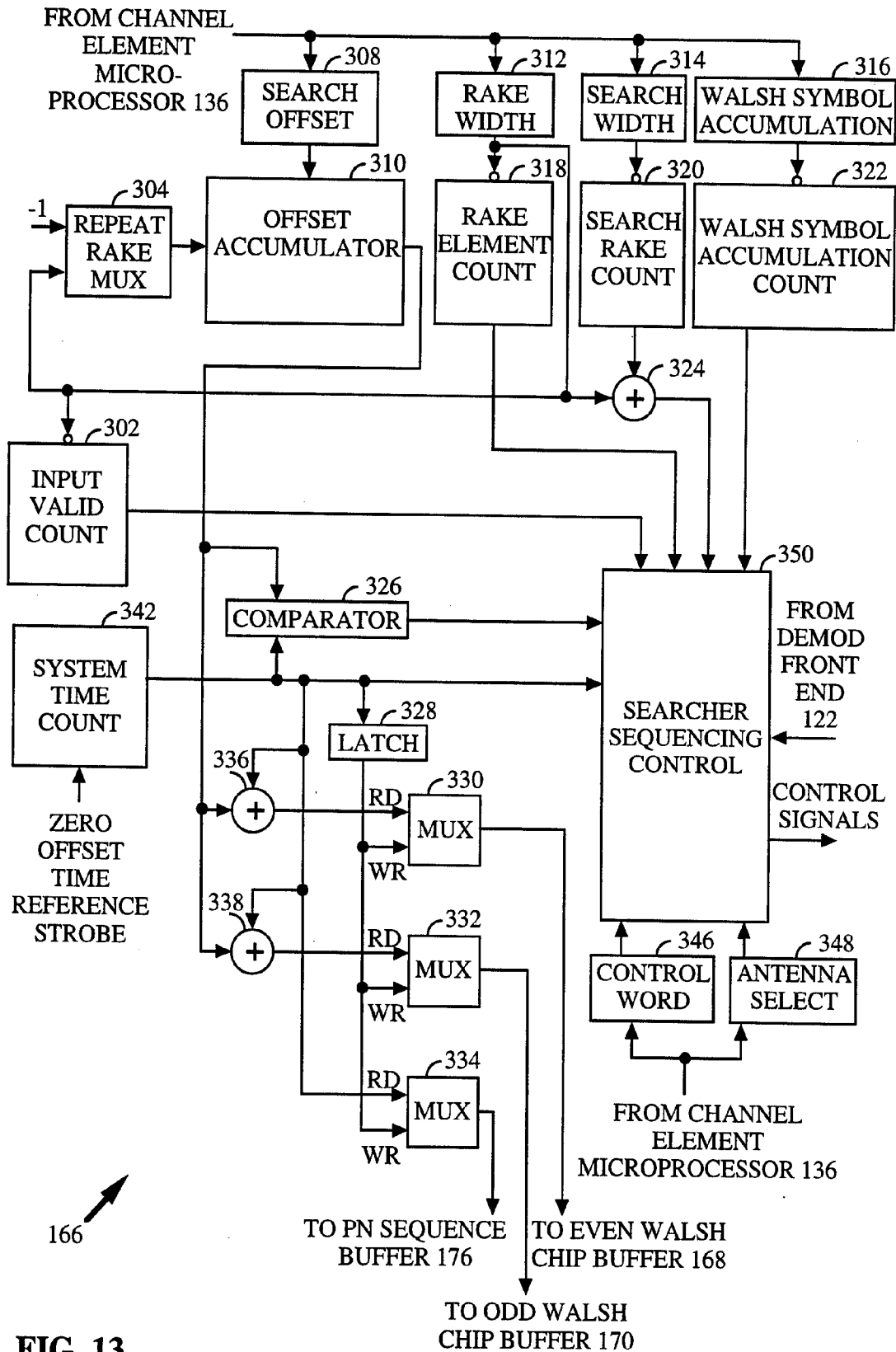


FIG. 13

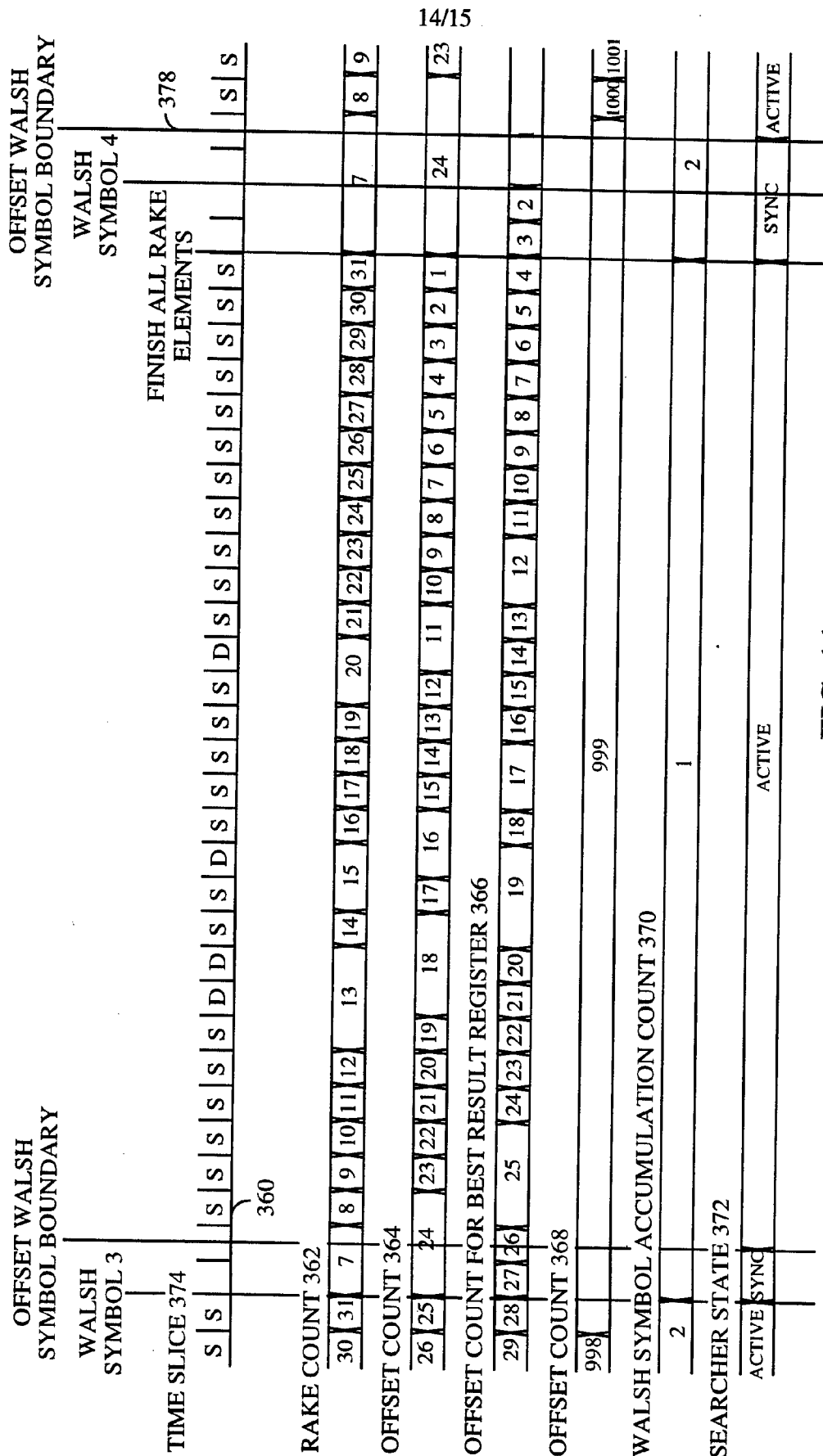


FIG. 14

15/15

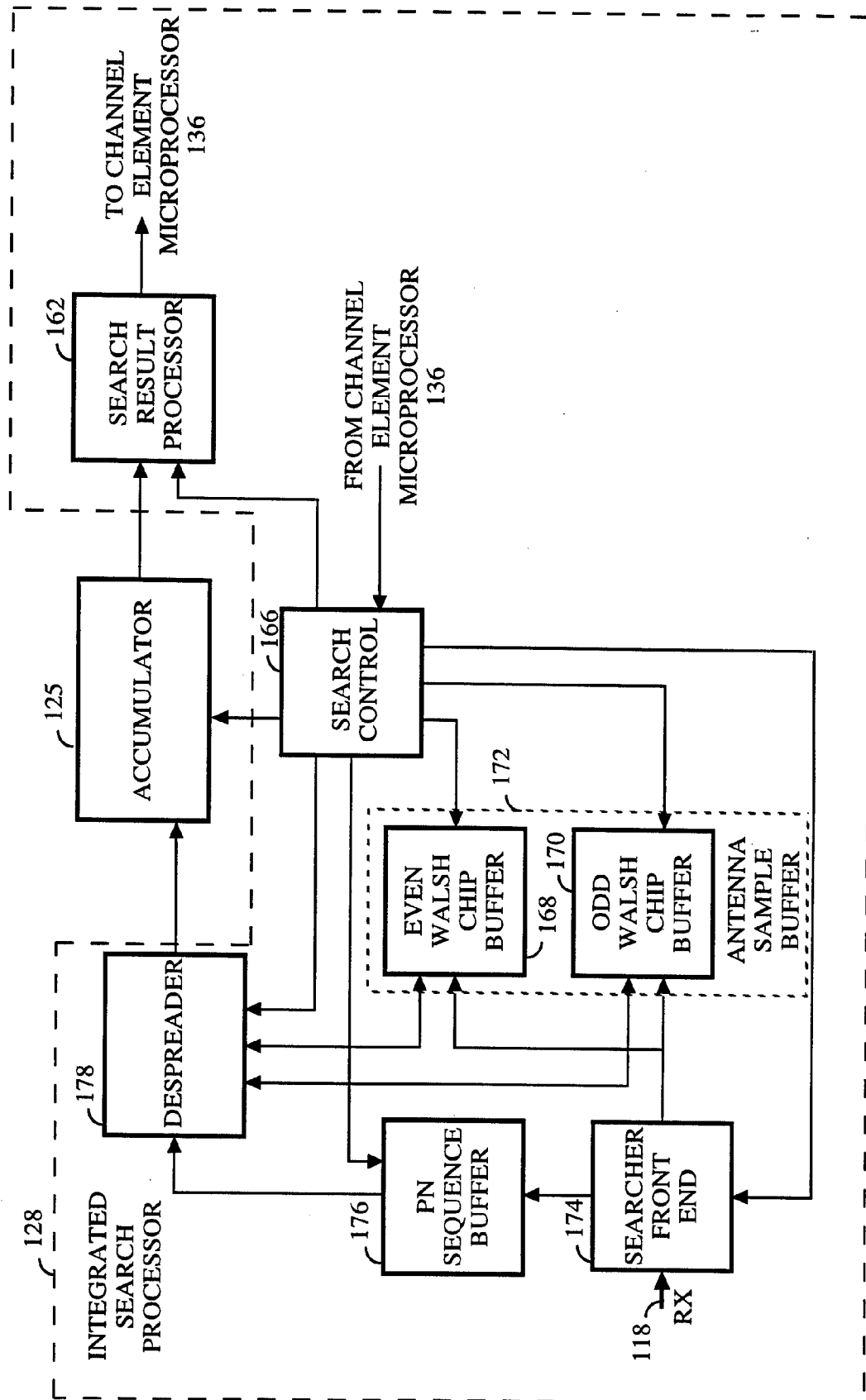


FIG. 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ternational Application No

PCT/US 96/07567

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H04B7/26 H04B1/707

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	WO,A,96 10873 (QUALCOMM INC) 11 April 1996 cited in the application see page 26, line 29 - page 29, line 15; claims 1,16,19-21,24; figures 1,5 ---	1,2
A	WO,A,95 01018 (QUALCOMM INC) 5 January 1995 see abstract; claims 1,2 ---	2
A	US,A,5 109 390 (GILHOUSEN KLEIN S ET AL) 28 April 1992 cited in the application see abstract; figure 3 see column 14, line 47 - column 15, line 40 --- -/--	1,2

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 September 1996

Date of mailing of the international search report

- 8. 10. 96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Kolbe, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ternational Application No

PCT/US 96/07567

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB,A,2 278 983 (ROKE MANOR RESEARCH) 14 December 1994 see abstract; claim 1 -----	1,2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

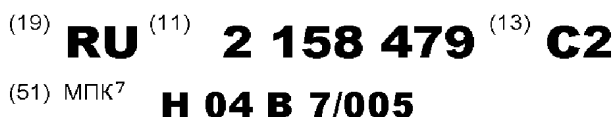
PCT/US 96/07567

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9610873	11-04-96	AU-A- 3945195	26-04-96
		CA-A- 2174243	11-04-96
		EP-A- 0732013	18-09-96

WO-A-9501018	05-01-95	US-A- 5442627	15-08-95
		BR-A- 9406851	05-03-96
		CA-A- 2165801	05-01-95
		CN-A- 1103521	07-06-95
		CN-A- 1125498	26-06-96
		EP-A- 0705510	10-04-96
		FI-A- 956253	22-02-96
		ZA-A- 9404074	06-03-95

US-A-5109390	28-04-92	AU-B- 649987	09-06-94
		AU-A- 6874891	31-05-91
		CA-A- 2072876	08-05-91
		CN-A- 1061311	20-05-92
		EP-A- 0500761	02-09-92
		IL-A- 96220	12-04-94
		JP-T- 4502844	21-05-92
		WO-A- 9107036	16-05-91

GB-A-2278983	14-12-94	CN-A- 1109266	27-09-95
		EP-A- 0653127	17-05-95
		FI-A- 946184	30-12-94
		WO-A- 9428640	08-12-94
		JP-T- 7509831	26-10-95



⁽¹²⁾ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(71) Заявитель:
АЛЬКАТЕЛЬ Н.В. (NL)

(72) Изобретатель: Винод КУМАР (IN),
Кристоф МУРО (FR)

(73) Патентообладатель:
АЛЬКАТЕЛЬ Н.В. (NL)



(19) **RU** (11) **2 158 479** (13) **C2**
 (51) Int. Cl.⁷ **H 04 B 7/005**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

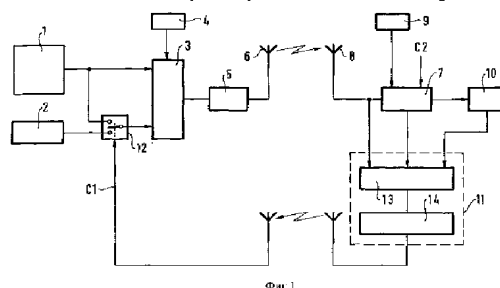
(21), (22) Application: 95114553/09, 30.08.1995
 (24) Effective date for property rights: 30.08.1995
 (30) Priority: 31.08.1994 FR 9410503
 (46) Date of publication: 27.10.2000
 (98) Mail address:
 129010, Moskva, ul. Bol'shaja Spasskaja 25,
 str.3, OOO "Gorodisskij i Parthnery",
 Emel'janovu E.I.

(71) Applicant:
AL'KATEL' N.V. (NL)
 (72) Inventor: **Vinod KUMAR (IN),**
Kristof MURO (FR)
 (73) Proprietor:
AL'KATEL' N.V. (NL)

(54) **SYSTEM FOR TRANSMISSION OF COMMUNICATION INFORMATION OVER COMMUNICATION CHANNEL CHANGING IN TIME, TRANSMITTING AND RECEIVING DEVICES**

(57) Abstract:
 FIELD: radio engineering. SUBSTANCE:
 system for transmission of communication
 information over communication channel
 changing in time includes useful information
 called teaching information that is subject
 to transmission. It enables specified
 transmission channel to be evaluated. System
 has facilities evaluating necessity of
 transmission of teaching information from
 point of view of change of specified
 transmission channels and facilities
 transmitting teaching information if
 necessity of transmission of teaching

information is recognized. EFFECT: improved
 functional reliability of system. 16 cl, 3 dwg



RU 2 158 479 C2

RU 2 158 479 C2

Изобретение относится, в общем случае, к передаче информации и, в частности, к передаче информации через канал связи, изменяющийся во времени, такой как канал радиосвязи, например, в частности, для системы радиосвязи с движущимися объектами.

Для борьбы с искажениями, вносимыми каналом передачи, как известно, при приеме производят оценку этого канала с точки зрения вносимых им искажений и, следовательно, исправляют форму полученных сигналов перед тем, как извлечь указанную информацию для обеспечения по возможности неискаженных сигналов. В частности, в случае цифровой передачи, при приеме производят оценку временного разброса, вносимого каналом передачи, и исправляют форму полученных цифровых сигналов, выравнивая их, чтобы, насколько это возможно, получить сигналы с нулевой межсимвольной помехой.

Известно, что для осуществления оценки канала передачи, помимо информации, называемой полезной, передают информацию, называемую информацией обучения или тестовую информацию, которая в противоположность предыдущей заранее заложена в приемнике, что позволяет путем сравнения ожидаемой информации и соответствующей полученной информации осуществить такую оценку.

В отличие от случая канала проводной связи, где оценку производят однократно в начале передачи, в случае канала передачи, изменяющегося во времени, напротив, необходимо осуществлять такую оценку также и в ходе передачи.

Поэтому, например, в системе цифровой радиосвязи с движущимися объектами, типа систем с множественным доступом путем распределения во времени, таким как система GSM (Специальная группа для подвижных объектов), например, каждый пакет (или "burst" на англосаксонском), взятый в одном из временных интервалов структуры мультиплексного канала связи с временным уплотнением, характерной для этой системы, содержит кроме полезной информации цикл передачи обучения.

Необходимо отметить, что полезной информации, подлежащей передаче системой GSM, а именно информационный обмен (речь или данные) или сигнализация, а в случае сигнализации - тип передаваемой сигнализации, определяет канал, называемый логический, и что указанная структура мультиплексного канала связи с временным уплотнением включает в данном случае другую структуру кадра, определяющую способ, которым физические каналы передачи (или интервалы времени этой структуры кадра (растра)) мультиплексируются по времени, причем структуры мультикадра и гиперкадра определяют способ, каким физические каналы передачи разделяются во времени между указанными различными логическими каналами.

Следовательно, в системе GSM пакет, используемый для передачи полезной информации, относящийся к логическому каналу - иному, чем особые каналы сигнализации, называемые FCH ("Канал Коррекции Частоты"), SCH ("Канал

синхронизации") и RACH ("Канал со Случайным Доступом"), включает 26 разрядов последовательности передачи обучения - против 114 разрядов полезной информации.

Именно данный факт, в частности, является недостатком - использование значительной части источников передачи для передачи информации отличной от полезной информации.

В основу настоящего изобретения положена задача исключить вышеуказанный недостаток известных систем и, следовательно, получить оптимальную эффективность использования канала передачи и, в особенности, при всех прочих равных условиях, увеличение полезной нагрузки, передаваемой рассмотренной системой передачи и, кроме того, добиться уменьшения запаздывания передачи, обеспечиваемой указанной системой, или уменьшения интерференций между пользователями системы.

Настоящее изобретение призвано, также сформировать систему передачи информации через канал передачи, изменяющийся во времени, выполненную с возможностью передачи помимо полезной информации информацию обучения, позволяющую осуществить при приеме оценку указанного канала передачи, причем система отличается тем, что содержит средства, позволяющие оценить, является ли передача информации обучения необходимой в плане изменений указанного канала и средства для передачи информации обучения только в том случае, когда это оценено как необходимая информация.

В дальнейшем изобретение поясняется описанием вариантов его выполнения со ссылками на сопровождающие чертежи, на которых:

- фиг. 1 изображает пример структурной схемы системы передачи согласно изобретению;

- фиг. 2 и 3 - в применении к системе радиосвязи с подвижными объектами - типа GSM примеры блок-схем соответственно передающей аппаратуры и принимающей аппаратуры системы передачи согласно изобретению.

Передающая аппаратура системы передачи, показанной на фиг. 1, включает, как уже известно:

- средства 1 выдачи полезной информации, передаваемой указанной системой в виде, адаптированном для ее передачи указанной системой, причем средства 1 могут содержать, в частности, для случая системы радиосвязи с движущимися объектами, такой как система GSM,

- средства исходного кодирования, средства канального кодирования и средства выдачи закодированной таким образом информации в формате, сопоставимом с вышеупомянутой структурой мультиплексного канала связи с временным уплотнением,

- генератор 2 информации обучения,

- средства 3 выбора вида информации - полезной, получаемой от средств 1 либо информации обучения, снимаемой с генератора 2, управляемого тактовым генератором 4 в соответствии со структурой мультиплексного канала связи с временным уплотнением в указанном примере выполнения,

- модулятор 5, соединенный с передающей антенной 6 и принимающий информацию, выдаваемую средствами 3.

Приемная аппаратура системы передачи, показанной на фиг. 1, включает также:

- средства демодуляции 7, соединенные с приемной антенной 8 и включающие в данном случае средства (не показанные на чертеже) для оценки канала передачи (в данном случае канала радиосвязи) на основе полученной информации обучения и корректировки соответствующих полученных сигналов, несущих полезную информацию, причем в зависимости от этой оценки указанные средства 7 действуют под управлением тактового генератора (синхрогенератора) 9 в соответствии со структурой мультиплексного канала связи с временным уплотнением в упоминаемом примере применения,

- средства 10, получающие информацию, выдаваемую средствами демодуляции 7, и выполняющие функцию, противоположную функции, осуществляемой при передаче средствами 1.

Согласно изобретению система дополнительно включает:

- средства 11 оценки необходимости информации обучения в плане изменений канала передачи,

- средства 12 передачи информации обучения при наличии необходимости в указанной информации.

Средства 11 в соответствии с вариантом по фиг. 1 включают:

- средства 13 оценки качества передачи через систему,

- средства 14 обнаружения ухудшения качества передачи, оцененной таким образом,

- средства 12 передачи информации обучения при наличии ухудшения качества передачи.

В показанном примере реализации средства 12 дополнительно позволяют передавать полезную информацию вместо информации обучения, когда передача указанной информации не признана необходимой, т.е. в данном случае при отсутствии ухудшения качества передачи.

Указанные средства 12 представлены на фиг. 1 коммутатором, получающим, с одной стороны, полезную информацию, выдаваемую средствами 1, с другой стороны, информацию обучения, выдаваемую генератором 2, причем указанный коммутатор управляется сигналом С1, снимаемым в данном случае с блока 14 контроля ухудшения качества передачи и прокладывающим маршрут от принимающей аппаратуры к передающей аппаратуре через канал, называемый каналом возврата. Канал возврата представлен каналом радиосвязи и может проходить, например, в случае двухнаправленной системы, по другому направлению системы.

В показанном примере, согласно которому полезная информация может быть передана вместо информации обучения, средства демодуляции 7 также функционируют под управлением управляющего сигнала С2, указывающего, находится ли информация на месте информации обучения, причем указанный сигнал С2 может, например, быть получен как специальный блок информации, вводимой с передачей. Другие примеры получения сигнала С2 будут

приведены ниже.

Оценка качества передачи, о которой шла речь выше, может быть получена различными известными способами, например в результате:

- оценки отношения сигнал/шум или отношения сигнал/интерференция,
- оценки коэффициента двоичной ошибки,
- анализа характеристик, оцененных каналом передачи,

- анализа данных, характеризующих качество и вырабатываемых средствами демодуляции в случае, когда указанные средства выдают для каждого полученного символа цифровой информации, помимо значения, определенного для данного символа, значение качества демодуляции или достоверности, связанное с данной величиной (аналогично известному английскому термину "soft-decision" - "мягкое решение"),

- анализа поведения алгоритма слежения выравнивающего устройства в случае средств демодуляции, включающих выравнивающее устройство, называемое устройством слежения: если сигнал ошибки, который обычно заставляет алгоритм сходиться, становится слишком большим, то это ведет к тому, что канал связи нарушается,
- использование нескольких из указанных действий одновременно.

На фиг. 1 показаны вышеприведенные варианты, поскольку информация, необходимая для реализации указанной оценки средствами 13, может быть составлена либо из сигналов, применяемых со средствами демодуляции 7, либо из информации, вырабатываемой указанными средствами демодуляции 7, либо из информации, выдаваемой средствами 10.

Существует возможность проводить оценку коэффициента двоичной ошибки в отсутствие передачи информации обучения на полезной информации в случае, когда средства 1 включают канальное кодирование, при использовании одного или нескольких средств защиты от ошибок передачи.

Существует также возможность по итогам подсчета коэффициента двоичной ошибки передать в часть свободного от информации обучения пространства (промежутка) бесполезную и известную заранее информацию принимающего устройства. Такая информация могла бы быть дополнительно использована с целью временной синхронизации принимающей аппаратуры передающей аппаратурой.

Согласно другому примеру выполнения оценка характера передачи информации обучения (необходима или нет) могла бы быть результатом предварительного изучения условий распространения в рассмотренном канале передачи.

Средства, оценивающие необходимость той или иной передачи, могли бы в этом случае включать, например, средства, позволяющие определить, истек ли или нет определенный срок от последней передачи информации обучения (причем указанный срок определен во время указанного предварительного изучения).

В дальнейшем будет описан со ссылками на фиг. 2 и 3, иллюстрирующими соответственно передающее оборудование и принимающее оборудование, пример

применения настоящего изобретения в системе радиосвязи с подвижными объектами, типа GSM.

Оборудование для передачи, показанное на фиг. 2, включает средства для выдачи полезной информации, относящейся к каждому типу логического канала, передаваемой указанными передающими средствами в форме, адаптированной для передачи этой системой.

Для упрощения показаны только средства формирования полезной информации, относящейся к одному из указанных логических каналов, при этом другие являются подобными, а особые каналы сигнализации, называемые FCCH, SCH и RACH, как было указано выше, не затрагиваются.

Указанные средства формирования включают известным способом скомпонованные:

- исходное кодирующее устройство 15, выдающее информационные объекты, называемые блоками символов,
- канальное кодирующее устройство 16, выдающее закодированные блоки символов для защиты от ошибок передачи,
- средства чередования (перемежения) 17, позволяющие чередовать биты закодированных блоков, полученных таким образом, чтобы декоррелировать указанные ошибки передачи,
- средства квантования 18, позволяющие квантовать блоки, выдаваемые средствами 17, в субблоки, предназначенные для распределения между несколькими последовательными пакетами.

Субблоки, выдаваемые средствами квантования 18 либо средствами квантования, входящими в состав средств формирования, относящихся к другим логическим каналам, уплотняются мультиплексором 19 с не полезной информацией и, в частности, с последовательностью передачи обучения, выдаваемой генератором последовательности передачи обучения 20, для получения информационных объектов передачи, называемых пакетами, причем указанные пакеты размещены в указанных физических каналах передачи, которые им предоставлены для осуществления данной связи через данную систему.

Выборка между субблоками, выдаваемыми средствами квантования 18, относящимися к логическому каналу, или субблоками, выдаваемыми средствами квантования, относящимися к другим логическим каналам, выполняется другим уплотнительным устройством 21, причем указанные два устройства уплотнения 19 и 21 управляются тактовым генератором 22 в соответствии с указанной структурой мультиплексного канала связи с временным уплотнением.

Пакеты, исходящие из множительного устройства 19, для их передачи в рассматриваемый канал передачи применяются с модулятором 23, соединенным с приемной антенной 24.

Согласно системе GSM блок, относящийся к другому каналу, отличному от особых каналов сигнализации, называемых FCCH, SCH и RACH, закодированный для защиты от ошибок передачи, содержит 456

битов и пакет содержит 57 полезных битов каждый, разделенные последовательностью передачи обучения - 26 битов. 114 полезных битов пакета образованы дополнительно в соответствии с ситуацией, т.е. согласно типу логического канала, причем один или несколько субблоков принадлежат одному или нескольким последовательным блокам, относящимся к данному логическому каналу, причем указанные субблоки имеют для указанного логического канала определенную длину, называемую в данном случае номинальной длиной.

Согласно изобретению в примере, приведенном на фиг. 2 и 3, согласно которому используют пространство, оставленное свободным за счет отсутствия последовательности передачи обучения для передачи полезной информации, длина субблоков, выдаваемых средствами квантования, такими как обозначенные позицией 18, является изменяемой.

С этой целью указанные средства квантования принимают управляющий сигнал, обозначаемый C3, снимаемый с блока управления 25, в свою очередь принимающего управляющий сигнал наличия или отсутствия последовательности обучения, согласно фиг. 1, C1.

Полезная информация, передаваемая в оставленное свободное пространство (промежуток) в физическом канале передачи ввиду отсутствия обучающей последовательности, может быть связана с тем же самым логическим каналом, что и канал, занимающий остаток указанного физического канала или с другим логическим каналом.

В случае, когда указанная информация связана с тем же самым логическим каналом, что и канал, занимающий остаток упоминаемого физического канала, длина субблоков от средств квантования, таких как 18, может быть выше указанной номинальной длины. В этом случае передача полного блока может потребовать меньше пакетов, чем в случае, когда указанные субблоки имеют по-прежнему указанную номинальную длину, что дает возможный выигрыш во времени передачи.

В случае передачи речи не удастся получить в полном объеме такой выигрыш во времени передачи, т.к. при приеме речевая информация должна быть воссоздана с постоянным дебитом.

Однако в случае передачи речи можно частично получить выигрыш во времени передачи (при условии, что указанные данные не требуют передачи в режиме цепи (контура), в этих обстоятельствах снова попадают в ту же самую ситуацию, которая рассматривалась выше, когда речь шла о передаче речи).

Однако, помимо того, что он может быть ценен сам по себе, такой выигрыш во времени передачи дополнительно позволяет уменьшить время занятости канала радиопередачи, а следовательно, риск возникновения интерференций с другими пользователями.

Пространство, оставленное свободным внутри физического канала передачи из-за отсутствия обучающей последовательности, может также использоваться через логический канал, отличный от канала,

занимающего остаток физического канала, отсюда - увеличение полезной нагрузки, передаваемой системой.

Например, в случае, когда логический канал, занимающий остаток указанного физического канала, является каналом трафика (обмена), речь может идти о канале сигнализации или другом канале трафика (информационного обмена). Этот другой канал трафика может быть предоставлен для того же вида связи, как и предыдущий, или для другого вида связи.

В случае, например, двух таких систем связи, когда действуют две различные передвижные станции и одна и та же базовая станция, в которой размещена рассматриваемая передающая аппаратура, допускают, например, для нисходящего направления (а именно от указанной базовой станции к передвижным станциям), что передвижная станция, включенная в указанную другую связь, предварительно была предупреждена об этой связи, в данном случае через канал сигнализации, называемый РСН ("Канал Поискового Вызова").

Выбор между различными возможностями использования пространства (промежутка), оставленного свободным из-за отсутствия обучающей последовательности, осуществляется схемой управления 25 по предварительно установленным критериям, которые зависят от применения, осуществляемого рассматриваемой системой передачи, и не все раскрыты в данном описании.

Данная схема (цепь) управления 25 дополнительно вырабатывает такой сигнал, как СЗ, предназначенный для средств квантования, таких как 18, сигналы управления, обозначенные С4 и С5, предназначенные соответственно для множительного устройства 19 и множительного устройства 21.

С целью информирования с помощью множительного устройства 19 приемной аппаратуры, принимающей подготовленные таким образом пакеты, содержит ли полученный пакет последовательность обучения, в указанное множительное устройство 19 может также быть введен двоичный элемент или "флаг", обозначенный F, в начале пакета, причем указанный двоичный элемент сохраняется с той же индикацией, а его величина, например, задается схемой управления 25.

В случае, когда последовательность обучения автоматически вновь передается после истечения определенного срока, такая индикация может не быть обязательной.

Индикация, относящаяся к присутствию или отсутствию последовательности обучения, могла бы в вышепредусмотренном случае передачи не полезной информации и известной заранее от приемной аппаратуры в часть пространства, оставленного свободным из-за отсутствия последовательности обучения, являться результатом корреляции в приемном устройстве, произведенной между этой информацией и соответствующей полученной информацией.

Указанная не полезная информация, переданная таким образом, могла бы в дальнейшем быть определена с тем, чтобы результат такой корреляции был четко

выделен, в результате чего указанная корреляция выполнялась на основе указанной информации или информации, взятой на последовательности обучения.

С тем, чтобы принимающему устройству, получающему пакеты, подготовленные таким образом множительным устройством 19, дать возможность знать в случае, когда полученный пакет не содержит последовательности обучения или когда полезная информация размещена вместо этой последовательности обучения, природу логического канала, занимающего в этом случае пространство, оставленное свободным из-за отсутствия последовательности обучения - в множительное устройство 19 можно ввести несколько двоичных элементов или "меток", обозначенных E, в начале указанного устройства, причем указанные двоичные элементы сохраняются с такой же индикацией, а их величина, например, также задается схемой управления 25.

Приемное оборудование, показанное на фиг. 3, соответствует - в качестве примера - случаю, когда информация "флага" F и "метки" E введена в передачу и включает на выходе из демодулятора 30, соединенного с принимающей антенной 31:

- средства 32 для извлечения бинарного элемента или "флага" F,
- коммутатор 33, управляемый двоичным элементом F, для переключения цифровых сигналов, идущих от демодулятора 30 и соответствующих полученной информации, минус двоичный элемент F, выбранных средствами 32, для средств выравнивания 34 или прямо в случае отсутствия последовательности обучения или через средства 35 извлечения порядка команд обучения в случае присутствия последовательности обучения,
- средства 36 оценки канала передачи, действующие, начиная от последовательности обучения, извлеченной средствами 35, и передающие результат указанной оценки средствам выравнивания 34 (средствам коммутации),
- средства 37 для извлечения информации, исходящей от средств выравнивания (коммутации) 34, причем двоичные элементы или "этикетка" E указывает, к какому типу логического канала относится полезная информация, размещенная вместо последовательности обучения,

- средства демультиплексирования 38 для распределения информации, полученной от средств 37 между совокупностью маршрутов обработки, каждый из которых соответствует одному из логических каналов, подлежащих приему указанной приемной аппаратурой (другими, как указано выше, чем каналы FCCH, SCH и RACH, которые не затрагиваются), и лишь один из которых для упрощения показан более подробно (причем другие каналы подобны).

Каждое из средств 32, 35, 37 и 38 функционирует под управлением тактового генератора (синхрогенератора) 39 согласованно с указанной структурой мультиплексного канала связи с временным уплотнением и средствами демультиплексирования 38, действующими, кроме того, под управлением "метки" E.

Каждый из указанных путей обработки,

относящийся к данному логическому каналу, включает:

- средства 40 для восстановления кодированных чередующихся блоков из кодированных и чередующихся субблоков, полученных с переменной длиной, ниже указанных средств 40 - классические средства, выполняющие функции, противоположные функциям, выполняемым при передаче, а именно:

- средства разделения 41,
- средства канального декодирования 42,
- средства исходного декодирования 43.

В противоположность классическому случаю, когда восстановление кодированных блоков выполняется из субблоков фиксированной длины, средства 40 должны дополнительно включать буферное ЗУ (специально не показанное на чертеже), позволяющее поглощать субдебиты, в частности, благодаря возможному использованию пространства, оставленного свободным внутри физического канала из-за отсутствия последовательности обучения, чтобы передать туда полезную информацию, относящуюся к иному логическому каналу, чем канал, занимающий остаток этого физического канала, причем указанные субдебиты затем присваивают другой логический канал.

Данное буферное ЗУ позволяет, кроме того, в случае, когда полезная информация должна быть воспроизведена при приеме информации, передаваемой с постоянной скоростью, сокращать сверхдебит благодаря возможному использованию пространства, оставленного свободным внутри физического канала передачи из-за отсутствия последовательности обучения, для передачи туда полезной информации, относящейся к тому же самому логическому каналу, что и канал, занимающий остаток физического канала, причем указанная сверхскоростная передача информации сама присваивает указанный логический канал.

В случае канала речевого сигнала понижение высокой скорости передачи информации сверх дебита, благодаря присоединению n битов (с n , равным, например, 26 при рассматриваемом здесь применении), могло бы в другом месте быть выполнено не средствами буферного ЗУ при приеме, а устранением при передаче n битов, не значимых в блоке, причем указанные n битов обнаруживаются, например, как таковые средствами обнаружения не речевой деятельности, и затем передается сокращенный блок.

Указанный сокращенный блок может в ряде случаев содержать индикатор, в котором были бы устранены n битов, чтобы источник-декодер мог правильно дешифровать уменьшенный блок по известной технологии.

Формула изобретения:

1. Система передачи информации по изменяющемуся во времени каналу передачи такого типа, по которому передается во время передачи, кроме передаваемой полезной информации, информация, называемая обучающей информацией, которая позволяет осуществить при приеме оценку указанного канала передачи, отличающаяся тем, что вводят средства для оценки изменений канала передачи и средства,

предназначенные для того, чтобы передавать или не передавать обучающую информацию в зависимости от результата оценки изменений канала передачи.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что упомянутые средства для оценки изменений указанного канала передачи содержат средства для оценки качества передачи и средства для обнаружения ухудшения качества передачи таким образом оцененной передачи.

3. Система по п.1, отличающаяся тем, что указанные средства оценки изменений канала передачи содержат средства для определения истечения определенного времени с момента последней передачи обучающей информации.

4. Система по любому из пп.1 - 3, отличающаяся тем, что она содержит канал, называемый возвратным каналом для передачи в направлении приема информации, указывающей на наличие или отсутствие необходимости передачи обучающей информации, в зависимости от результата оценки изменений канала передачи.

5. Система по любому из пп.1 - 4, отличающаяся тем, что она содержит дополнительно средства передачи полезной информации вместо обучающей информации, в том случае, когда такая обучающая информация не передается.

6. Система по п.5, отличающаяся тем, что указанная система передачи выполнена в виде системы с временным мультиплексированием всей совокупности каналов, называемых физическими, каждый из которых, в свою очередь, сформирован с возможностью разделения во времени между несколькими каналами, называемыми логическими, а обучающая информация занимает лишь часть физического канала, причем полезная информация, вводимая в физический канал вместо обучающей информации, в случае, когда такая обучающая информация не передается, является полезной информацией, относящейся к тому же логическому каналу, что и канал, занимающий остаток этого физического канала.

7. Система по п.5, отличающаяся тем, что указанная система выполнена в виде системы с временным мультиплексированием совокупности каналов, называемых физическими, каждый из которых, в свою очередь, сформирован с возможностью разделения во времени между несколькими каналами, называемыми логическими, а обучающая информация занимает лишь часть физического канала, причем полезная информация, вводимая в физический канал вместо обучающей информации, в случае, когда такая обучающая информация не передается, является полезной информацией, относящейся к логическому каналу, который отличается от канала, занимающего остаток этого физического канала.

8. Система по любому из пп.6 и 7, отличающаяся тем, что она содержит средства квантования полезной информации на отрезки переменной длины в зависимости от того, передается или не передается обучающая информация, а в случае, когда обучающая информация не передается, то в зависимости от использования участков,

свободных от этой обучающей информации, при этом при приеме предусмотрены средства для поглощения возникающих изменений скорости передачи информации.

9. Система по любому из пп.1 - 8, отличающаяся тем, что она содержит средства для ввода при приеме информации, указывающей, передается или не передается обучающая информация в зависимости от результатов оценки изменений канала передачи.

10. Система по любому из пп.6 - 8, отличающаяся тем, что она содержит средства для ввода при передаче информации, указывающей вид логического канала, к которому относится полезная информация, переданная вместо обучающей информации, в случае, когда такая обучающая информация не передается.

11. Приемное устройство для системы передачи по п. 1, содержащее средства, предназначенные для восстановления переданной полезной информации, которые сами содержат средства для оценки канала передачи, исходя из полученной обучающей информации, и средства для корректировки полученных сигналов, соответствующих полезной информации, в зависимости от этой оценки канала передачи, отличающееся тем, что оно содержит средства для оценки изменений канала передачи, позволяющие управлять при передаче определением необходимости передавать или не передавать обучающую информацию в зависимости от результата оценки изменений канала передачи.

12. Приемное устройство по п.11, отличающееся тем, что полученная полезная информация разбивается на отрезки переменной длины в зависимости от того, передается или не передается обучающая информация, в зависимости от использования участков, свободных в результате того, что они не использованы для передачи обучающей информации, а указанные средства для восстановления переданной

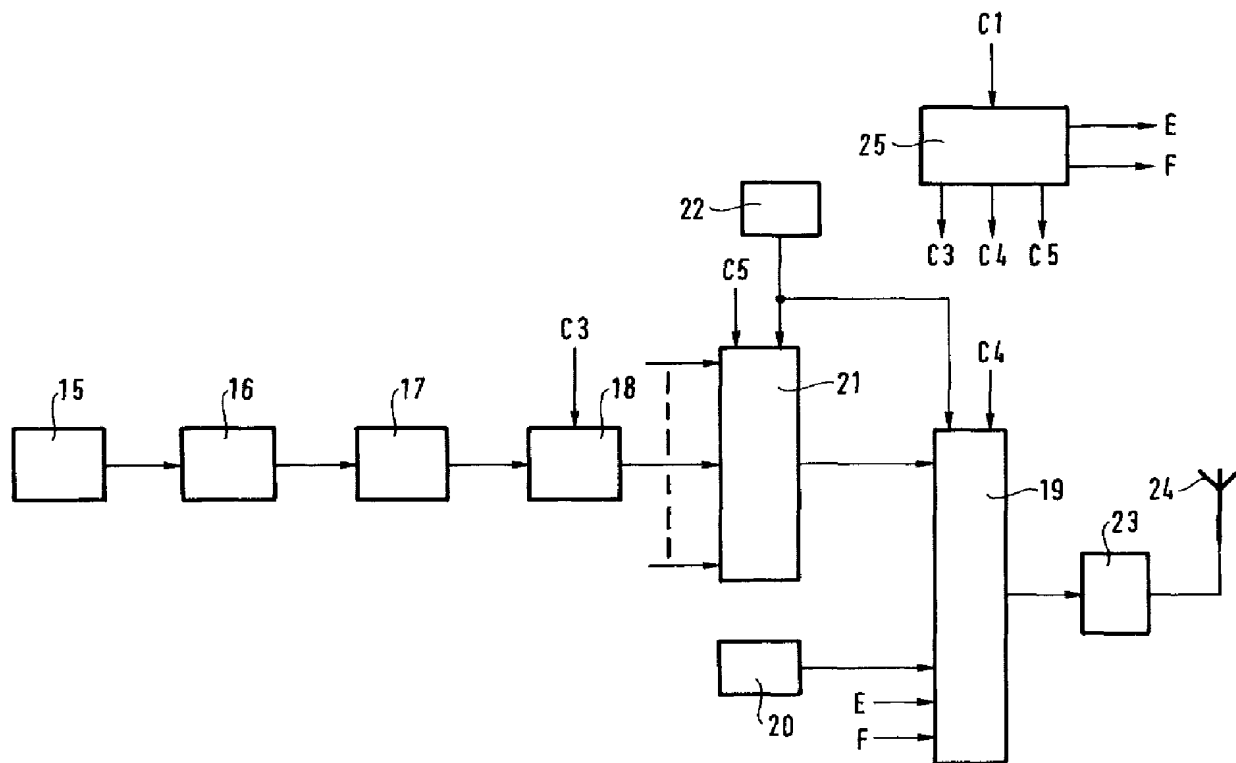
полезной информации содержат, кроме того, средства для поглощения изменений скорости передачи информации, вызванных тем, что полученная информация разбита на отрезки переменной длины.

13. Приемное устройство по п.12, отличающееся тем, что его используют в системе радиосвязи с подвижными объектами типа GSM, при этом указанные отрезки составляют информационные объекты, называемые субблоками.

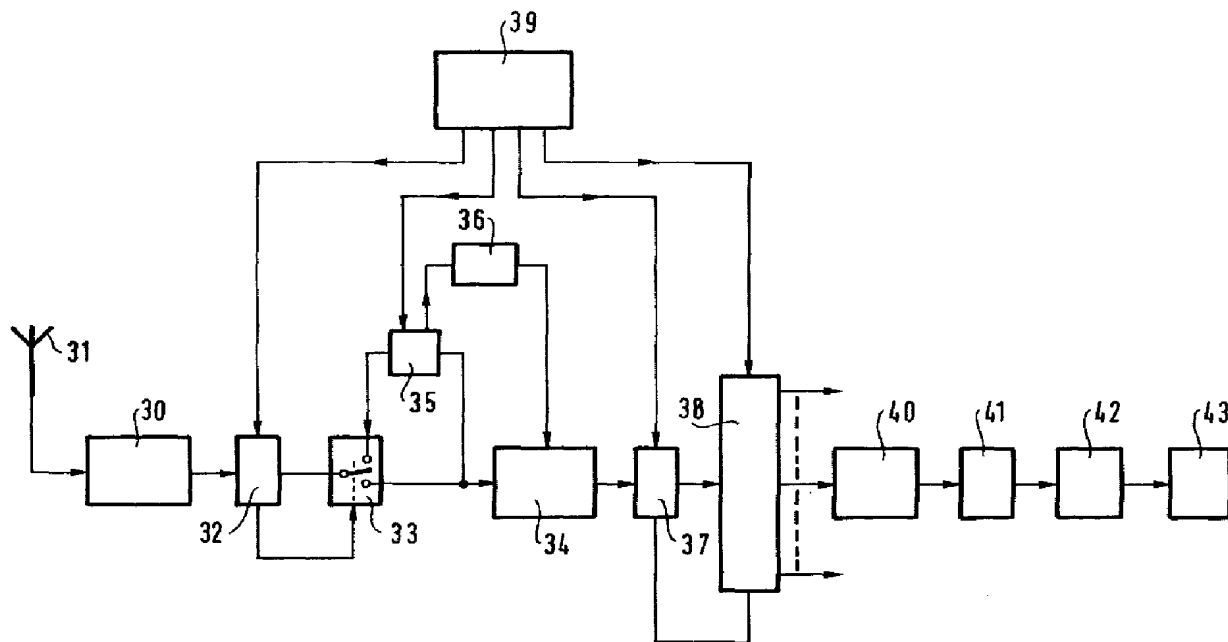
14. Передающее устройство для системы передачи по п.1, содержащее средства для генерирования передаваемой полезной информации, средства для генерирования обучающей информации и средства для выбора либо полезной информации, поступившей от указанных средств для генерирования передаваемой полезной информации, либо обучающей информации, поступившей от средств для генерирования обучающей информации, отличающееся тем, что оно содержит средства для управления средствами выбора таким образом, чтобы передавать или не передавать указанную обучающую информацию в зависимости от результатов оценки изменений передающего канала.

15. Передающее устройство по п. 14, отличающееся тем, что указанные средства для генерирования передаваемой полезной информации содержат средства разбивки подлежащей передаче полезной информации на отрезки переменной длины в зависимости от того, передается или не передается обучающая информация, в случае, когда обучающая информация не передается, то в зависимости от использования участков, свободных в результате того, что обучающая информация не передается.

16. Передающее устройство по п.15, отличающееся тем, что его используют в системе радиосвязи с подвижными объектами типа GSM, при этом указанные отрезки составляют информационные объекты, называемые субблоками.



Фиг.2



Фиг.3

PROCESS OF UNRESTRICTED ACCESS OF SUBSCRIBERS OF MOBILE STATION

Publication number: RU2168278 (C2)
Publication date: 2001-05-27
Inventor(s): GARMONOV A V [RU]; SAVINKOV A JU [RU]; KRAVTSOVA G S [RU]; AMCHISLAVSKIJ A JU [RU]; FURSOV S V [RU]; KHICHAN MUN [KR] +
Applicant(s): KORPORATSIJA SAMSUNG EHLEKTRON [KR] +
Classification:
- **international:** H04B7/26; H04J13/00; H04B7/26; H04J13/00; (IPC1-7): H04B7/26; H04J13/00
- **European:**
Application number: RU19990115640 19990716
Priority number(s): RU19990115640 19990716

Abstract of **RU 2168278 (C2)**

Translate this text

cellular CDMA communication systems. SUBSTANCE: invention specifically refers to methods and algorithms of unrestricted access of subscribers of mobile station to communication channel. Enhanced efficiency of procedure of unrestricted access thanks to increased probability of successful access with decreased power of test as well as reduced probability of overlapping of signals from subscribers accidentally falling into one and same channel of access is achieved due to transmission of signal preamble only in the course of sequence of intervals spread in time. Mobile subscribers select randomly one of such sequences before start of transmission. Transmission of preamble in the course of spread time intervals makes it possible, firstly, to compensate for effect of fading increasing by this probability of detection of signal with same power, secondly, to distinguish preambles from different subscribers and to avoid "collision" of signals from different subscribers by usage of this information. Insertion of time interval of waiting between preamble and capsule of access enables excessive power of signal transmitted during time of access to be reduced. Proposed method takes into account length of transmitted message while selecting channel of access at mobile station which makes it feasible to multiplex messages at mobile station dividing them among different channels and raising by this efficiency of usage of communication channels. EFFECT: enhanced efficiency of procedure of unrestricted access. 9 dwg



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 168 278** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **H 04 B 7/26, H 04 J 13/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

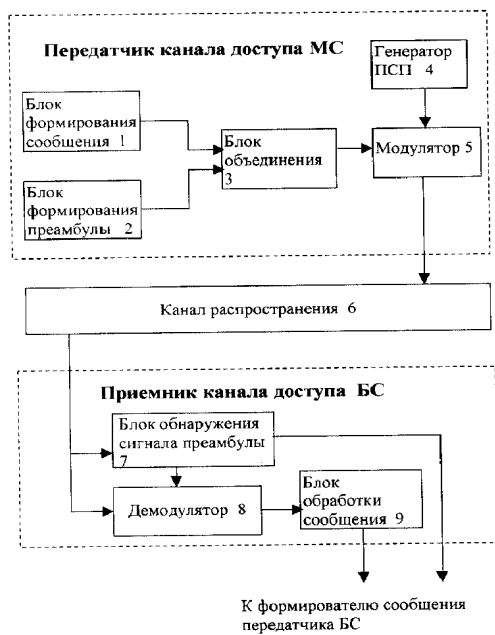
(21), (22) Заявка: 99115640/09, 16.07.1999
(24) Дата начала действия патента: 16.07.1999
(46) Дата публикации: 27.05.2001
(56) Ссылки: Стандарт TIA /EIA IS-92 Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread-Spectrum Cellular Systems. Telecommunication Industry Association, July, 1993. RU 2111619 C1, 20.05.1998. RU 2119256 C1, 20.09.1998. RU 2127951 C1, 20.03.1999. EP 0639899 A1, 22.02.1998. WO 98/18280 A2, 30.04.1998. EP 0633671 A, 11.01.1995. US 5515379 A, 07.05.1996. US 5506861 A, 09.04.1996. US 5138631 A, 11.08.1992. US 5491837 A, 13.02.1996.
(98) Адрес для переписки:
117485, Москва, ул. Бутлерова 4-2, кв.128,
Рослову В.Н.

(71) Заявитель:
Корпорация "Самсунг Электроникс" (KR)
(72) Изобретатель: Гармонов А.В. (RU),
Савинков А.Ю. (RU), Кравцова Г.С.
(RU), Амчиславский А.Ю. (RU), Фурсов С.В.
(RU), Хичан Мун (KR)
(73) Патентообладатель:
Корпорация "Самсунг Электроникс" (KR)
(74) Патентный поверенный:
Рослов Владимир Николаевич

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОЛЬНОГО ДОСТУПА АБОНЕНТОВ МОБИЛЬНОЙ СТАНЦИИ

(57)
Изобретение относится к сотовым системам связи CDMA, в частности к способам и алгоритмам произвольного доступа абонентов мобильной станции (МС) к каналу связи. Технический результат - повышение эффективности процедуры произвольного доступа за счет повышения вероятности успешного доступа при снижении мощности пробы, а также снижении вероятности перекрытия сигналов от абонентов, случайно попавших в один и тот же канал ДОСТУПА. Технический результат достигается за счет того, что передача сигнала преамбулы происходит только в течение последовательности разнесенных во времени интервалов, причем перед началом передачи мобильные абоненты случайным образом выбирают одну из таких последовательностей. Передача преамбулы в течение разнесенных

временных интервалов позволяет, во-первых, компенсировать влияние фединга и тем самым увеличить вероятность обнаружения при той же мощности сигнала, во-вторых, отличать преамбулы от различных пользователей и, используя эту информацию, устранять "столкновения" сигналов от различных пользователей. Введение временного интервала ожидания между преамбулой и капсулой ДОСТУПА позволяет сократить избыточную мощность сигнала, передаваемого во время доступа. Кроме того, в заявляемом способе при выборе канала ДОСТУПА на МС предлагается учитывать длительность передаваемого сообщения, что позволяет на базовой станции "уплотнять" сообщения, разделяя их между различными каналами, повышая тем самым эффективность использования каналов связи. 9 ил.



Фиг.1.



RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 168 278** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl. ⁷ **H 04 B 7/26, H 04 J 13/00**

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99115640/09, 16.07.1999

(24) Effective date for property rights: 16.07.1999

(46) Date of publication: 27.05.2001

(98) Mail address:
117485, Moskva, ul. Butlerova 4-2, kv.128,
Roslovu V.N.

(71) Applicant:
Korporatsija "Samsung Ehlektroniks" (KR)

(72) Inventor: Garmonov A.V. (RU),
Savinkov A.Ju. (RU), Kravtsova G.S.
(RU), Amchislavskij A.Ju. (RU), Fursov S.V.
(RU), Khichan Mun (KR)

(73) Proprietor:
Korporatsija "Samsung Ehlektroniks" (KR)

(74) Representative:
Roslov Vladimir Nikolaevich

(54) **PROCESS OF UNRESTRICTED ACCESS OF SUBSCRIBERS OF MOBILE STATION**

(57) Abstract:

FIELD: cellular CDMA communication systems. SUBSTANCE: invention specifically refers to methods and algorithms of unrestricted access of subscribers of mobile station to communication channel. Enhanced efficiency of procedure of unrestricted access thanks to increased probability of successful access with decreased power of test as well as reduced probability of overlapping of signals from subscribers accidentally falling into one and same channel of access is achieved due to transmission of signal preamble only in the course of sequence of intervals spread in time. Mobile subscribers select randomly one of such sequences before start of transmission. Transmission of preamble in the course of spread time intervals makes it possible, firstly, to compensate for effect of fading increasing by this probability of detection of signal with same power, secondly, to distinguish preambles from different subscribers and to avoid "collision" of signals from different subscribers by usage of this information. Insertion of time interval of waiting between preamble and capsule of access enables excessive power of signal transmitted during time of access to be reduced. Proposed method takes into account length of transmitted message while selecting channel of access at mobile station which makes it feasible to multiplex

messages at mobile station dividing them among different channels and raising by this efficiency of usage of communication channels. EFFECT: enhanced efficiency of procedure of unrestricted access. 9 dwg



Фиг. 1.

Изобретение относится к радиотехнике, а более конкретно - к сотовым системам связи CDMA, в частности к способам и алгоритмам произвольного доступа абонентов мобильной станции (МС) к каналу связи.

В сотовой системе связи область обслуживания абонентов делится на подобласти - соты. Внутри каждой соты находится базовая станция (БС), обслуживающая абонентов, находящихся внутри соты. В системах связи CDMA различные каналы связи отличаются сигналом длинного кода, расширяющего спектр исходного высокочастотного сигнала. Для обеспечения высокой емкости системы связи длинный код должен обладать хорошими корреляционными свойствами, т.е. обеспечивать низкий уровень корреляции при ненулевом временном сдвиге между двумя идентичными сигналами, а также низкий уровень корреляции между различными сигналами. Количество таких сигналов, а следовательно, и число каналов ограничено.

Для того чтобы получить доступ к одному из каналов связи данной соты мобильный пользователь выполняет процедуру произвольного доступа, цель которой проинформировать БС о запросе на обслуживание и получить от нее необходимую информацию для дальнейшего обслуживания. Для выполнения процедуры произвольного доступа в системе связи помимо информационных каналов существует набор специальных обратных каналов ДОСТУПА, каждому из которых соответствует определенный длинный код.

До выполнения процедуры ДОСТУПА мобильный абонент входит в режим синхронизации с системой единого времени. Для этой цели служат сигналы пилот-канала и канала синхронизации, передаваемые от БС. После этого МС получает по одному из контрольных каналов информацию о каналах ДОСТУПА, предоставляемых системой. Перед выполнением процедуры ДОСТУПА мобильный абонент выбирает случайным образом канал доступа и начинает выполнять процедуру произвольного доступа. Процедура ДОСТУПА состоит в последовательной передаче сигналов, называемых пробями ДОСТУПА.

Пробы ДОСТУПА передаются до момента получения ответного сообщения от БС, которое она передает после обнаружения и демодуляции одной из проб.

Одной из проблем произвольного доступа является проблема "столкновения" сигналов от различных абонентов. Это явление связано с вероятностью одновременного попадания нескольких абонентов в один и тот же канал ДОСТУПА. При перекрытии во времени сигналов от таких абонентов демодулятор БС не всегда может разделить эти сигналы. При этом значительно увеличивается вероятность неудачи доступа для каждого из абонентов.

Одним из возможных способов решения этой проблемы является увеличение количества каналов ДОСТУПА, которое приводит к снижению вероятности явления "столкновения". Такое решение нельзя применить при высокой степени загрузки, то есть при большом количестве абонентов в соте, поскольку количество каналов ДОСТУПА ограничено.

Другим известным в практике способом

решения проблемы является введение преднамеренной случайной задержки при передаче сигналов ДОСТУПА от МС к БС (см. патент EP 0639899 "Random access communication method by use of CDMA, and system for mobile stations which use the method" [1] и действующий стандарт TIA/EIA IS-95 - Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode - Wideband Spread-Spectrum Cellular Systems. Telecommunication Industry Association, July 1993, [2]). Введение преднамеренной случайной задержки снижает вероятность явления "столкновения" сигналов. Однако это приводит к увеличению времени поиска пробы на БС и снижению вероятности ее правильного обнаружения, так как область неопределенности поиска пробы увеличивается. Это увеличение особенно значительно при переходе к более высокой чиповой скорости в новых системах связи CDMA, поскольку при увеличении чиповой скорости разнесение сигналов во времени на один и тот же временной интервал приводит к более значительному увеличению области неопределенности, выраженной в чипах.

Один из способов снижения вероятности одновременного попадания нескольких пользователей в один и тот же канал ДОСТУПА предложен американской телекоммуникационной компанией "Квалкомм" (см. US patent # 5673259, R.F. Quick, Random Access Communications Channel for Data Services, Qualcomm Inc. [3]). С этой целью предлагается оценивать уровень "потребности в полосе", которая зависит от количества абонентов, нуждающихся в ДОСТУПЕ и скорости передачи информации для каждого абонента. Если уровень "потребности в полосе" поднимается выше первого порога, то для выполнения произвольного доступа некоторым пользователям предоставляется выделенный информационный канал. Если уровень "потребности в полосе" падает ниже второго порога, то доступ всеми пользователями снова осуществляется только по каналу случайного доступа. Безусловно, данное решение приведет к снижению вероятности "столкновения" сигналов и общему повышению эффективности доступа. Однако при переходе части пользователей в выделенный для обслуживания канал ухудшается качество связи для основных пользователей выделенного для обслуживания канала.

Другой проблемой произвольного доступа является повышение уровня помех в системе за счет высокой активности абонентов каналов ДОСТУПА. Основным способом решения этой проблемы является повышение эффективности процедуры ДОСТУПА, которое состоит в повышении вероятности успешного доступа при минимально возможной мощности сигнала доступа.

В патенте, полученном компанией "Эрикссон" (см. US patent #5295152, B. Gundmundson, B. Parssons, "TDMA for mobile access in a CDMA system". Ericsson Inc.) [4], предлагается метод временного разделения сигналов канала ДОСТУПА и других обратных каналов. При этом для выполнения произвольного ДОСТУПА выделяются специальные временные интервалы, повторяющиеся через определенное время. Передача данных пользователя и

контрольных данных по другим обратным каналам производится вне этих временных интервалов. При этом уровень помех, которые создаются каналом ДОСТУПА для других каналов, практически сводится к нулю независимо от степени активности абонентов канала ДОСТУПА.

Недостаток такого решения в том, что ограничение времени доступа приводит к увеличению вероятности явления "столкновения" сигналов, то есть одновременного попадания нескольких пользователей в один и тот же канал ДОСТУПА.

В опубликованной международной заявке, также принадлежащей компании "Эрикссон" (см. WO 9818280, "Random access in a mobile telecommunications system", Ericsson Telefon AB L M)[5], описан способ, который повышает эффективность ДОСТУПА за счет использования преамбул индивидуального вида для каждой МС. Каждая МС при доступе передает преамбулу с индивидуальным только ей присущим "узором". Причем используемые типы преамбул имеют высокие корреляционные свойства. Данное решение позволяет БС разделить сигналы сообщений ДОСТУПА от различных абонентов, даже в случае, когда эти сигналы приходят по одному и тому же каналу ДОСТУПА одновременно. Проба состоит из преамбулы, короткой капсулы, в которой содержится только самая необходимая для идентификации информация и остальной части капсулы, которая передается только в случае получения соответствующего сообщения от БС. Если первая часть пробы обнаружена правильно, то БС посылает данной МС сообщение о том, в каком канале ей передать вторую часть капсулы, содержащей основную информацию, необходимую при ДОСТУПЕ.

Данное предложение обеспечивает эффективный ДОСТУП, однако имеет следующие недостатки.

При излучении преамбулы и первой части капсулы расходуется много энергии и создается помеха для других пользователей. Причем, если поиск первой части пробы будет не успешен, то получится, что помеха создана, а результат не достигнут. Вторая часть капсулы может быть принята только от тех пользователей, для которых хватит свободных каналов ДОСТУПА. Остальным пользователям передается сообщение "занято", которое инструктирует МС, когда осуществить передачу. Новая проба от этих МС снова включает преамбулу и обе части капсулы, что приводит к дополнительному расходу энергии и создает помеху.

Наиболее близким к предлагаемому способу доступа является способ, описанный в предложенном Qualcomm Inc. стандарте IS-95 сотовой системы связи CDMA [2]. Он заключается в том, что на МС, осуществляющей доступ в систему связи, выполняют следующую последовательность операций.

1. Случайным образом выбирают канал доступа.

2. Выполняют попытку доступа, для этого передают последовательность проб ДОСТУПА, каждая из которых представляет сигнал, состоящий из преамбулы и капсулы сообщения, причем начало передачи капсулы совпадает с концом передачи преамбулы.

3. По окончании передачи каждой из последовательностей проб ДОСТУПА ожидают ответного сообщения в течение временного интервала ожидания.

4. Если в течение интервала ожидания МС не получает ответного сообщения, то начинают передачу следующей пробы ДОСТУПА, причем мощность пробы увеличивают на определенную величину.

5. Если в течение определенного интервала получают ответное сообщение, то переходят в режим связи по назначенному каналу, и тем самым заканчивают процедуру ДОСТУПА.

6. Подсчитывают количество проб ДОСТУПА, переданных МС во время процедуры, если оно превышает некоторое заданное число, то процедуру ДОСТУПА также заканчивают.

Во время процедуры доступа на БС выполняют следующую последовательность операций.

7. Осуществляют поиск сигналов преамбулы канала доступа.

8. При обнаружении сигнала преамбулы демодулируют сообщения канала ДОСТУПА.

9. По окончании демодуляции сообщения проверяют достоверность демодуляции на основании определенного теста. Если тест подтверждает правильность принятия сообщения, то формируют и передают сообщение подтверждения ДОСТУПА для МС.

Описанная процедура предполагает передачу сообщения сразу после передачи преамбулы независимо от того, обнаружена или не обнаружена преамбула. Соответствующая структура пробы ДОСТУПА, представлена на фиг. 2. При такой структуре пробы, если поиск преамбулы закончился неудачно (с ошибкой при оценке задержки сигнала), то демодуляция будет произведена неправильно. Следовательно, мощность передачи капсулы сообщения расходуется напрасно, при этом создается помеха для других пользователей.

Даже если преамбула обнаружена правильно, то демодуляция капсулы может оказаться неудачной из-за перекрытия многолучевых профилей сигналов от разных пользователей, случайно вышедших по одному и тому же каналу доступа. Это приведет к необходимости передачи следующей пробы ДОСТУПА и, следовательно, дополнительному увеличению уровня помех.

Задача, которую решает предлагаемый способ, заключается в повышении вероятности успешного доступа при снижении мощности пробы, а также снижении вероятности "столкновения" сигналов от абонентов, случайно попавших в один и тот же канал ДОСТУПА.

Применение данного решения в сотовой системе связи CDMA приведет к значительному снижению мощности помех, создаваемых пользователями, осуществляющими доступ к системе связи, и сокращению времени доступа. Это позволит повысить емкость системы и снизить повременную абонентскую плату за услуги, предоставляемые пользователям.

Для решения этой задачи в способ произвольного доступа абонентов МС, заключающийся в том, что на МС, осуществляющей доступ в систему связи,

выбирают канал ДОСТУПА, выполняют попытку ДОСТУПА, передавая последовательность проб ДОСТУПА, причем каждая проба ДОСТУПА содержит преамбулу, по окончании передачи капсулы ожидают сообщения подтверждения ДОСТУПА в течение определенного временного интервала, если не получают сообщения подтверждения ДОСТУПА, то подсчитывают количество проб ДОСТУПА, переданных МС во время процедуры, если оно превышает некоторое заданное число, то процедуру ДОСТУПА заканчивают, в противном случае начинают передачу следующей пробы, причем мощность пробы увеличивают на определенную величину, если в течение определенного интервала времени получают ответное сообщение, то переходят в режим связи по назначенному каналу, и тем самым заканчивают процедуру ДОСТУПА, во время процедуры доступа на БС осуществляют поиск сигналов преамбулы канала доступа, при обнаружении сигнала преамбулы демодулируют сообщения канала ДОСТУПА, по окончании демодуляции сообщения проверяют достоверность демодуляции на основании определенного теста, если тест подтверждает правильность принятия сообщения, то формируют и передают сообщение подтверждения ДОСТУПА для МС, дополнительно вводят следующие операции: на МС канал доступа выбирают в зависимости от длительности сообщения ДОСТУПА, при передаче каждой пробы выбирают случайным образом вид преамбулы, определяемый последовательностью разнесенных временных интервалов передачи преамбулы, передают сигнал преамбулы в разнесенных временных интервалах, соответствующих данному виду, ожидают от БС ответного сообщения обнаружения преамбулы, если не получают ответного сообщения обнаружения преамбулы, адресованного данному абоненту, то подсчитывают количество проб ДОСТУПА, переданных МС во время процедуры, если оно превышает некоторое заданное число, то процедуру ДОСТУПА заканчивают, в противном случае начинают передачу следующей пробы, причем мощность пробы увеличивают на определенную величину, если получают адресованное данному абоненту ответное сообщение обнаружения преамбулы с разрешением передачи, то посылают на БС капсулу сообщения ДОСТУПА, если получают адресованное данному абоненту ответное сообщение обнаружения преамбулы с переадресацией на другой канал ДОСТУПА и указанием времени передачи, то передают капсулу сообщения в переадресованном канале в указанное время, во время процедуры доступа на БС поиск сигналов преамбулы канала доступа осуществляют для каждого из видов, причем обнаружение сигнала каждого из видов преамбулы рассматривают как обнаружение сигнала по крайней мере одного пользователя, определяют уровни обнаруженных сигналов, передают сообщения, адресованные этим пользователям, причем в зависимости от уровней сигналов соответствующим пользователям передают либо ответное сообщение с разрешением передачи в данном канале ДОСТУПА, либо сообщение с переадресацией на один из свободных каналов ДОСТУПА и указанием времени

передачи капсулы сообщения ДОСТУПА, причем выбор свободных каналов и времени передачи капсулы определяют в зависимости от длительности сообщения.

5 Предлагаемый способ можно описать как последовательность операций, а именно операции на МС, осуществляющей доступ в систему связи:

1. Выбирают канал доступа в зависимости от длительности сообщения ДОСТУПА.

10 2. Выполняют попытку доступа, передавая последовательность проб ДОСТУПА, каждая из которых состоит из преамбулы или преамбулы и капсулы сообщения, разнесенных по времени.

15 3. При передаче каждой пробы выбирают случайным образом вид преамбулы, определяемый последовательностью разнесенных временных интервалов передачи преамбулы.

4. Передают сигнал преамбулы в разнесенных временных интервалах, соответствующих данному виду.

20 5. Ожидают от БС ответного сообщения обнаружения преамбулы.

6. Если не получают ответного сообщения обнаружения преамбулы, адресованного данному абоненту, то подсчитывают количество проб ДОСТУПА, переданных МС во время процедуры, если оно превышает некоторое заданное число, то процедуру ДОСТУПА заканчивают, в противном случае начинают передачу следующей пробы, причем мощность пробы увеличивают на определенную величину.

7. Если получают адресованное данному абоненту ответное сообщение обнаружения преамбулы с разрешением передачи, то посылают на БС капсулу сообщения ДОСТУПА.

8. Если получают адресованное данному абоненту ответное сообщение обнаружения преамбулы с переадресацией на другой канал ДОСТУПА и указанием времени передачи, то передают капсулу сообщения в переадресованном канале в указанное время.

9. По окончании передачи капсулы сообщения ожидают сообщения подтверждения ДОСТУПА в течение определенного временного интервала.

10. Если в течение определенного временного интервала не получают сообщения подтверждения ДОСТУПА, то подсчитывают количество проб ДОСТУПА, переданных МС во время процедуры, если оно превышает некоторое заданное число, то процедуру ДОСТУПА заканчивают, в противном случае начинают передачу следующей пробы, причем мощность пробы увеличивается на определенную величину.

11. Если в течение определенного интервала получают ответное сообщение, то переходят в режим связи по назначенному каналу, и тем самым заканчивают процедуру ДОСТУПА.

Во время процедуры доступа на БС выполняют следующую последовательность операций:

12. Осуществляют поиск сигналов преамбулы канала доступа каждого из видов, причем обнаружение сигнала каждого из видов преамбулы рассматривают как обнаружение сигнала по крайней мере одного пользователя.

13. Определяют уровни обнаруженных сигналов.

14. Передают сообщения, адресованные этим пользователям, причем в зависимости от уровня сигналов соответствующим пользователям передают:

- либо ответное сообщение с разрешением передачи в данном канале ДОСТУПА.

- либо сообщение с переадресацией на один из свободных каналов ДОСТУПА и указанием времени передачи капсулы сообщения ДОСТУПА, причем выбор свободных каналов и времени передачи капсулы определяют в зависимости от длительности сообщения.

15. Осуществляют демодуляцию сообщений каналов ДОСТУПА, по окончании которой проверяют достоверность демодуляции на основании определенного теста. Если тест подтверждает правильность принятия сообщения, то формируют ответное сообщение для МС, осуществляющих доступ.

Перечень чертежей.

Фиг. 1 - блок-схема устройства для реализации предлагаемого способа (пример).

Фиг. 2 - структура пробы ДОСТУПА в прототипе.

Фиг. 3 - структура пробы ДОСТУПА в предлагаемом способе.

Фиг. 4 - алгоритм работы блока формирования преамбулы.

Фиг. 5 - временные диаграммы работы канала ДОСТУПА на БС.

Фиг. 6 - пример реализации блока обнаружения сигнала преамбулы.

Фиг. 7 - пример установления очередности передачи сообщений.

Фиг. 8 - пример "столкновения" сигналов от двух абонентов в процессе произвольного доступа при использовании способа-прототипа.

Фиг. 9 - пример устранения "столкновения" сигналов от двух абонентов в процессе произвольного доступа при использовании заявляемого способа.

Пример реализации заявляемого способа Заявляемый способ реализован с помощью устройства, показанного на фиг. 1, где обозначено:

- 1 - блок формирования сообщения,
- 2 - блок формирования преамбулы,
- 3 - блок объединения,
- 4 - генератор ПСП,
- 5 - модулятор,
- 6 - канал распространения,
- 7 - блок обнаружения сигнала преамбулы,
- 8 - демодулятор,
- 9 - блок обработки сообщения.

Передачик канала доступа на МС содержит блок формирования сообщения 1 и блок формирования преамбулы 2, выходы которых соединены с входами блока объединения 3. Выход блока объединения 3 соединен с входом модулятора 5, второй вход которого соединен с выходом генератора ПСП 4.

Приемник канала доступа на БС содержит блок обнаружения сигнала преамбулы 7, с выхода которого сигнал поступает на формирователь сообщения передатчика БС, демодулятор 8 и блок обработки сообщения 9, вход которого соединен с выходом демодулятора 8. Вход демодулятора 8 и вход блока обнаружения сигнала преамбулы 7 объединены, и на объединенный вход сигнал поступает через канал распространения 6 с передатчика канала доступа на МС.

Описанное устройство отличается от известного устройства реализации способа-прототипа выполнением блоков формирования преамбулы 2 и блока обнаружения преамбулы 7.

С использованием описанного устройства МС выполняет процедуру ДОСТУПА. Цель процедуры доступа проинформировать БС о запросе на обслуживание и получить от нее необходимую информацию для дальнейшего обслуживания. Для выполнения процедуры произвольного доступа в системе связи CDMA помимо информационных каналов существует набор специальных обратных каналов ДОСТУПА, каждому из которых соответствует определенный длинный код.

В сотовой системе связи CDMA (прототипе) БС осуществляет непрерывную передачу по пилот- и синхроканалам сигналов, необходимых для вхождения МС в режим синхронизации с системой единого времени, а также периодическую передачу служебных сообщений по каналу оповещения для передачи МС системной информации, в том числе информации о количестве и параметрах каналов ДОСТУПА.

До начала выполнения процедуры доступа МС входит в режим синхронизации с системой единого времени. С этой целью используются сигналы пилот- и синхроканалов. Затем МС по каналу оповещения получает необходимую информацию о количестве и параметрах каналов ДОСТУПА, предоставляемых данной базовой станцией. После этого МС выбирает один из каналов ДОСТУПА. В соответствии с заявляемым способом МС выбор канала доступа основывается на длительности сообщения, которое МС собирается передавать. Например, МС случайным образом выбирает канал из группы каналов, соответствующей данной длительности сообщения. Выбрав канал, МС формирует соответствующий длинный код, а также сообщение ДОСТУПА, которое содержит информацию, необходимую БС для идентификации данной МС и назначения ей канала связи. Затем МС готовится к передаче пробы ДОСТУПА.

Структура пробы ДОСТУПА, соответствующая заявляемому способу, представлена на фиг. 3. Преамбула формируется и передается только в течение последовательности интервалов, разнесенных во времени.

Последовательность интервалов передачи сигнала во время преамбулы образует определенный вид преамбулы. Очевидно, что таких видов может быть несколько, скажем N.

При определении вида преамбулы можно руководствоваться следующими соображениями. Допустим, радиус соты составляет 10 km. При этом максимальное значение удвоенной задержки распространения сигнала в канале составляет 0.067 ms. Ширину кусочка преамбулы следует выбрать из условия $\gg 0.067$ ms, например 1.25 ms. При этом условии при приеме на БС интервалы передачи преамбул различных видов могут перекрыться не более чем на $0.067/1.25=5\%$. Следовательно, повышение уровня взаимной корреляции между преамбулами разного вида составляет не более чем 5%. Пусть, например, длительность преамбулы составляет 3 фрейма при длительности фрейма 10 ms. Следовательно,

на длине преамбулы укладываются 24 "кусочка" преамбулы. Если преамбула одной МС состоит из 4-х "кусочков", равномерно размещенных по всей длине преамбулы, то на всей длине преамбулы мы можем разместить 6 видов преамбулы. Преамбулы различных видов будут отличаться сдвигом во времени "кусочков" относительно друг друга (см. фиг. 3).

Перед началом передачи преамбулы МС выбирает случайным образом один из N видов преамбулы и запоминает выбранный номер. Алгоритм работы блока формирования преамбулы 2 можно представить так, как показано на фиг. 4.

Приемник канала ДОСТУПА на БС осуществляет поиск каждого из N видов преамбулы. Пример временной диаграммы работы приемника канала ДОСТУПА на БС приведен на фиг. 5.

Если по окончании поиска БС обнаруживает сигнал преамбулы какого-либо из N видов, то она передает ответное сообщение, адресованное абонентам, выходящим на связь с данным видом преамбулы.

БС не передает ответного сообщения, адресованного абонентам, выходящим на связь с теми видами преамбул, которые не обнаружены по окончании поиска.

Адресация ответного сообщения может быть выполнена, например, указанием в ответном сообщении номеров видов преамбул, которые БС обнаружила, или каким-либо другим способом.

Абоненты, не получившие адресованного им сообщения, начинают передачу преамбулы следующей пробы ДОСТУПА. При этом мощность пробы увеличивается, а вид преамбулы снова определяется случайным образом.

Пример реализации блока обнаружения сигнала преамбулы представлен на фиг. 6, где обозначено: согласованный фильтр 10, блоки накопления 11, блок принятия решения 12.

Входной сигнал обрабатывается в согласованном фильтре 10. С выхода согласованного фильтра 10 сигнал поступает на входы N блоков накопления 11, каждый из которых осуществляет накопление сигнала на временных интервалах, соответствующих данному виду преамбулы. Результат накопления в каждом блоке накопления 11 сравнивается с порогом, принимается решение об обнаружении преамбулы каждого из N видов в блоке принятия решения 12. БС запоминает номера обнаруженных видов преамбулы и использует их при передаче ответного сообщения.

БС может устанавливать очередность передачи сообщений ДОСТУПА, передавая соответствующую информацию в ответном сообщении. В заявляемом решении предусмотрена возможность передачи нескольких сообщений от разных МС по одному каналу доступа в течение одного временного слота друг за другом. Для того чтобы осуществить такую передачу БС должна оценить длительность приходящих сообщений. С этой целью все каналы доступа делятся на несколько групп, по длине сообщения доступа, передаваемого МС, например, на три. Значения длительностей сообщений, передаваемых в каналах каждой группы относятся, например, как 1:1.5:3. При

этом длина слота канала доступа всех групп определяется суммой длительностей преамбулы, интервала ожидания и максимальной капсулы сообщения. Перед началом передачи пробы МС определяет длительность своего сообщения и выбирает соответствующий канал доступа. Например, если капсула сообщения какой-либо МС не превышает одной трети от максимальной длительности, то данная МС выбирает случайным образом один из каналов доступа первой группы. Если капсула сообщения МС не превышает половины максимальной, то она выбирает один из каналов ДОСТУПА второй группы, в противном случае МС выбирает канал из третьей группы.

Распределение каналов по группам известно на БС. Таким образом, БС располагает информацией о свободных каналах доступа и о длине капсулы сообщения, передаваемого МС с данным видом преамбулы. На основании этой информации БС формирует ответное сообщение, адресованное абонентам, обнаруженным при поиске преамбулы. В этом сообщении абонентам, имеющим данный вид преамбулы, сообщается номер канала доступа и время начала передачи капсулы сообщения. При этом в одном канале могут передаваться три сообщения, соответствующие первой группе или два сообщения, соответствующие второй группе, или одно сообщение, соответствующее третьей группе.

У сообщений, передаваемых со значительной задержкой, может произойти нарушение синхронизации, поэтому в состав их капсулы включается короткая преамбула, которая предназначена для поиска сигнала в малой области задержек, обнаруженных при передаче первой преамбулы.

Пример размещения сообщений в каналах различных групп представлен на фиг. 7. В приведенном на фиг. 7 примере в первом слоте канала третьей группы передается одно сообщение третьей группы, а во втором слоте этого же канала передаются три сообщения первой группы. В первом слоте канала второй группы передаются два сообщения второй группы, а во втором слоте этого же канала передается одно сообщение третьей группы. В первом слоте канала первой группы передаются три сообщения первой группы, а во втором слоте этого же канала передается одно сообщение третьей группы.

Таким образом, заявляемое решение позволяет повысить эффективность использования каналов доступа. В прототипе количество каналов доступа должно быть значительно большим, чем число МС, выходящих в эфир. В результате данный ресурс расходуется неэффективно, потому что большую часть времени ряд демодуляторов не участвует в работе. В то же время при приходе в один канал сообщений от двух МС эти МС создают друг другу помеху, что приведет к пропуску по крайней мере одного из этих сообщений. Пример "столкновения" сигналов от двух абонентов в процессе произвольного доступа при использовании способа прототипа показан на фиг. 8.

В заявляемом способе для каналов, в которые попадают сообщения от двух МС, предусмотрена процедура распределения по всем свободным каналам ДОСТУПА. При этом наиболее мощной МС разрешается

передавать сообщение в текущем канале. Для остальных МС ищут свободные каналы доступа. И их сообщения передаются по этим каналам. В случае если таких каналов не хватает, то в некоторых каналах передаются друг за другом капсулы нескольких сообщений. В результате в работе всегда будет участвовать столько демодуляторов, сколько обнаружено видов преамбул. При приходе в один канал сообщений от нескольких МС эти МС будут распределены по разным каналам или по времени в одном канале и не создадут друг другу помеху. Пример устранения "столкновения" сигналов от двух абонентов в процессе произвольного доступа при использовании заявляемого способа показан на фиг. 9.

Использование заявляемого способа повышает вероятность успешного доступа при снижении мощности пробы, а также снижение вероятности "столкновения" сигналов от абонентов, случайно попавших в один и тот же канал ДОСТУПА. Это достигается следующим образом.

- Сигнал преамбулы передается только в течение последовательности разнесенных во времени интервалов, причем перед началом передачи мобильные абоненты случайным образом выбирают одну из таких последовательностей.

- Преамбула передается в течение разнесенных временных интервалов. Это позволяет, во-первых, компенсировать влияние фединга, и тем самым увеличить вероятность обнаружения при той же мощности сигнала, во-вторых, отличать преамбулы от различных пользователей, и, используя эту информацию, устранять "столкновения" сигналов от различных пользователей.

- Вводится временной интервал ожидания ответного сообщения между преамбулой и капсулой сообщения, это позволяет сократить избыточную мощность сигнала, передаваемого во время доступа.

- При выборе канала доступа на МС учитывается длительность передаваемого сообщения. Это позволяет на БС "уплотнять" сообщения, распределяя их между различными каналами, повышая тем самым эффективность использования каналов связи.

Сопоставительный анализ способа произвольного доступа абонентов МС с прототипом показывает, что предлагаемое изобретение существенно отличается от прототипа, так как приводит к значительному снижению мощности помех, создаваемых пользователями, осуществляющими доступ к системе связи, и сокращению времени доступа. Это позволяет повысить емкость системы и снизить повременную абонентскую плату за услуги, предоставляемые пользователям.

Сопоставительный анализ заявляемого способа с другими техническими решениями в данной области техники не позволил выявить признаки, заявленные в отличительной части формулы изобретения. Это позволяет сделать вывод о том, что заявляемый способ произвольного доступа абонентов МС сотовой связи CDMA отвечает критериям "новизна", "изобретательский уровень" и "промышленная применимость".

Формула изобретения:

Способ произвольного доступа абонентов

мобильной станции, заключающийся в том, что на мобильной станции, осуществляющей доступ в систему связи, выбирают канал ДОСТУПА, выполняют попытку ДОСТУПА, передавая последовательность проб ДОСТУПА, причем каждая проба ДОСТУПА содержит преамбулу, по окончании передачи капсулы ДОСТУПА ожидают сообщения подтверждения ДОСТУПА в течение определенного временного интервала, если не получают сообщения подтверждения ДОСТУПА, то подсчитывают количество проб ДОСТУПА, переданных мобильной станцией (МС) время процедуры, если она превышает некоторое заданное число, то процедуру ДОСТУПА заканчивают, в противном случае начинают передачу следующей пробы, причем мощность пробы увеличивают на определенную величину, если в течение определенного интервала времени получают сообщение подтверждения ДОСТУПА, то переходят в режим связи по назначенному каналу, и тем самым заканчивают процедуру ДОСТУПА, во время процедуры доступа на базовой станции осуществляют поиск сигналов преамбулы канала доступа, при обнаружении сигнала преамбулы демодулируют сообщения канала ДОСТУПА, по окончании демодуляции сообщения проверяют достоверность демодуляции на основании определенного теста, если тест подтверждает правильность принятия сообщения, то формируют и передают сообщение подтверждения ДОСТУПА для мобильной станции, отличающийся тем, что на мобильной станции канал доступа выбирают в зависимости от длительности сообщения ДОСТУПА, при передаче каждой пробы выбирают случайным образом вид преамбулы, определяемый последовательностью разнесенных временных интервалов передачи преамбулы, передают сигнал преамбулы в разнесенных временных интервалах, соответствующих данному виду, ожидают от базовой станции ответного сообщения обнаружения преамбулы, если не получают ответное сообщение обнаружения преамбулы, адресованное данному абоненту, то подсчитывают количество проб ДОСТУПА, переданных МС во время процедуры, если оно превышает некоторое заданное число, то процедуру ДОСТУПА заканчивают, в противном случае начинают передачу следующей пробы причем мощность пробы увеличивают на определенную величину, если получают адресованное данному абоненту ответное сообщение обнаружения преамбулы с разрешением передачи, то посылают на базовую станцию капсулу ДОСТУПА, если получают адресованное данному абоненту ответное сообщение обнаружения преамбулы с переадресацией на другой канал ДОСТУПА и указанием времени передачи, то передают капсулу ДОСТУПА в переадресованном канале в указанное время, во время процедуры доступа на базовой станции поиск сигналов преамбулы канала доступа осуществляют для каждого из видов, причем обнаружение сигнала каждого из видов преамбулы рассматривают как обнаружение сигнала по крайней мере одного пользователя, определяют уровни обнаруженных сигналов, передают сообщения, адресованные этим пользователям, причем в зависимости от

уровней сигналов соответствующим пользователям передают либо ответное сообщение с разрешением передачи в данном канале ДОСТУПА, либо сообщение с переадресацией на один из свободных

каналов ДОСТУПА и указанием времени передачи капсулы ДОСТУПА, причем выбор свободных каналов и времени передачи капсулы ДОСТУПА определяют в зависимости от длительности сообщения.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

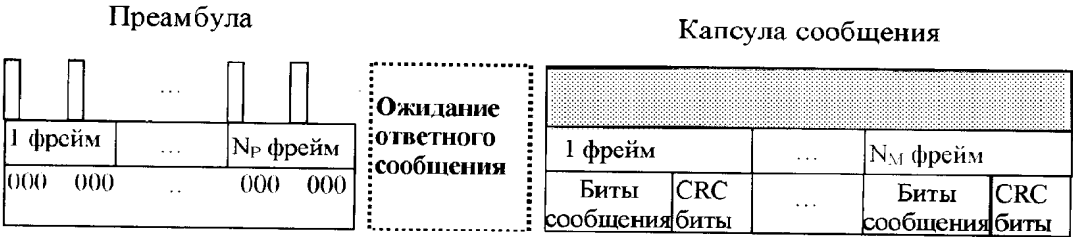
60

RU 2168278 C2

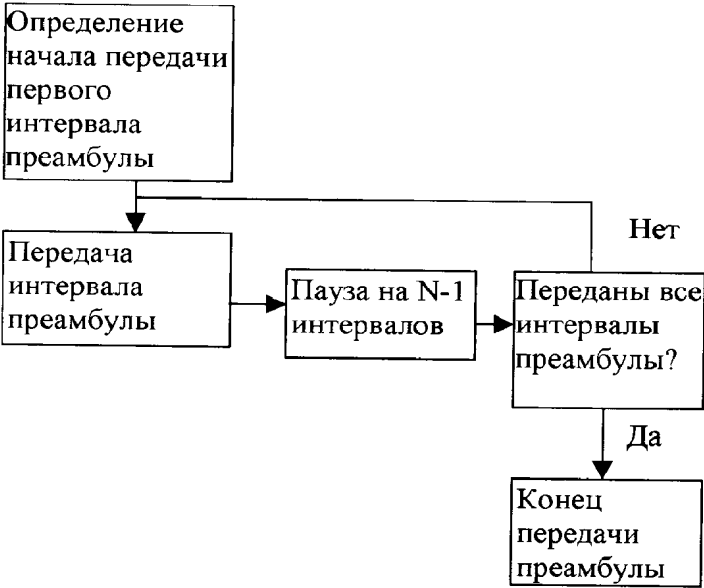
RU 2168278 C2

Преамбула			Капсула сообщения			
1 фрейм	...	N _р фрейм	1 фрейм	...	N _м фрейм	
000000000000...00000000000000			Биты сообщения	Биты CRC	..	Биты сообщения Биты CRC

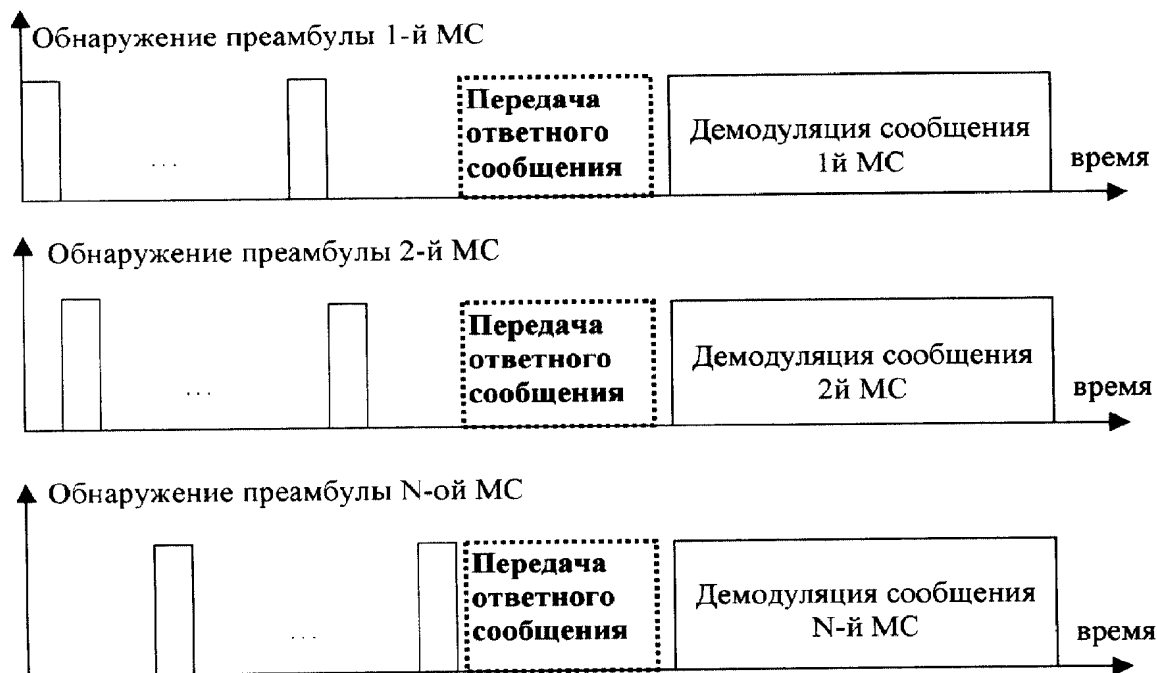
Фиг. 2



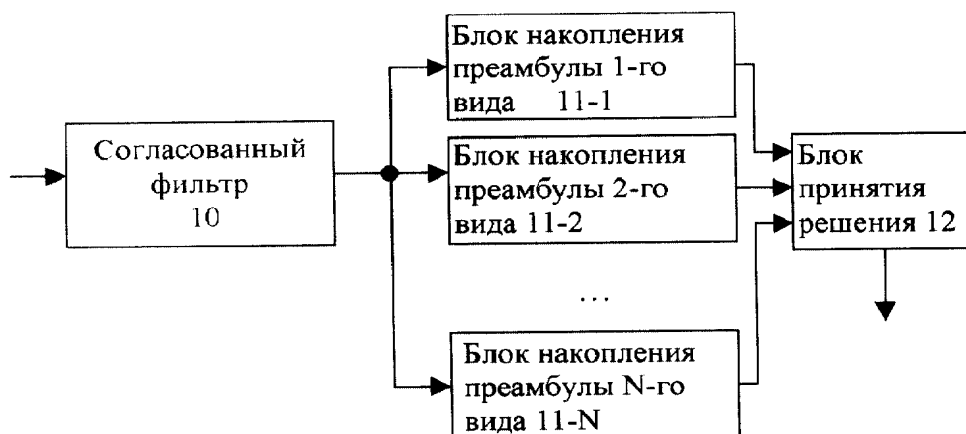
Фиг. 3



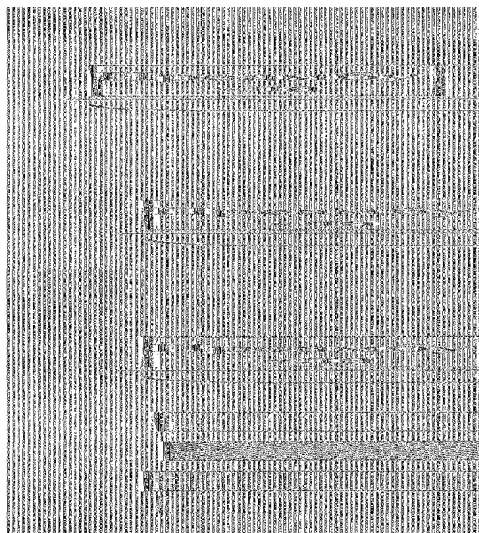
Фиг. 4.

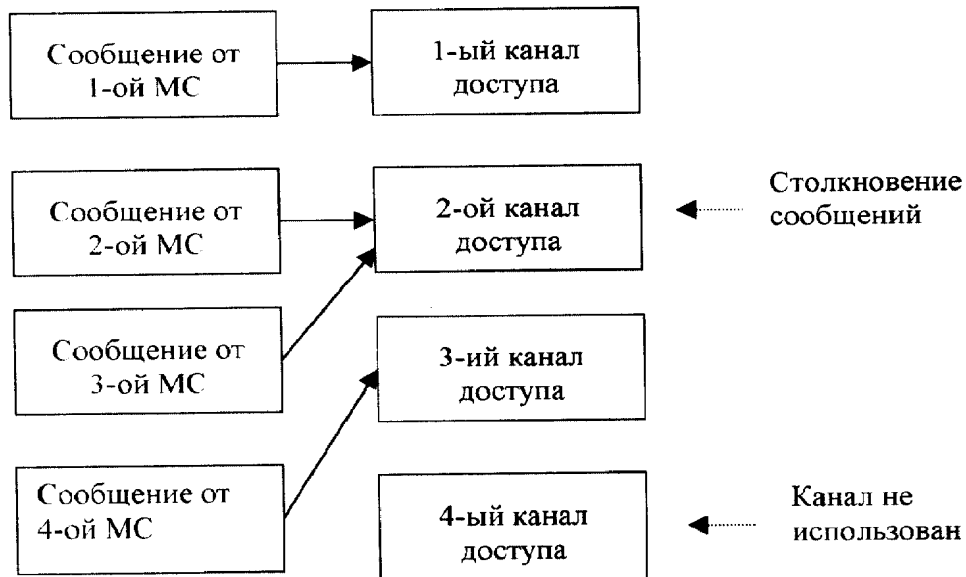


Фиг. 5

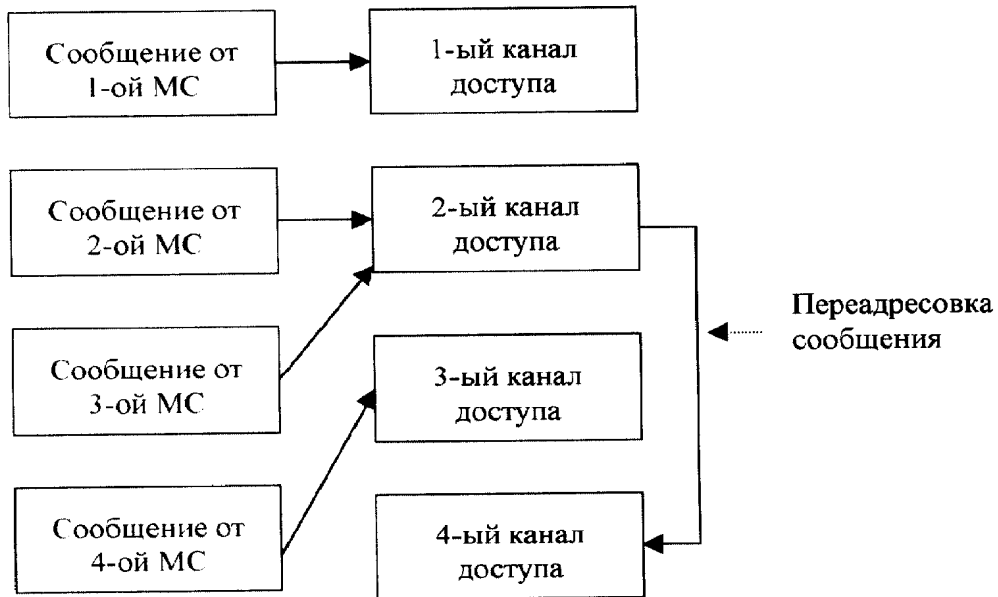


Фиг. 6





Фиг. 8



Фиг. 9

RU2201034

PUB DATE: 2003-03-20

APPLICANT : ERICSSON TELEFON AB L Mf

HAS ATTACHED HERETO CORRESPONDING ENGLISH LANGUAGE EQUIVALENT:

US6590928

PUB DATE: 2003-07-08

APPLICANT: ERICSSON TELEFON AB L M [SE] + (TELEFONAKTIEBOLAGET LM
ERICSSON (PUBL))



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 201 034** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **H 04 B 7/26, H 04 L 12/28**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 2000109553/09, 16.09.1998
(24) Дата начала действия патента: 16.09.1998
(30) Приоритет: 17.09.1997 US 08/932,911
(46) Дата публикации: 20.03.2003
(56) Ссылки: US 5287384 A, 15.02.1994. RU 2050695 C1, 20.12.1995. US 5414731 A, 09.05.1995. EP 0695059 A1, 31.01.1996. US 5412654 A, 02.05.1995.
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 17.04.2000
(86) Заявка РСТ: SE 98/01555 (16.09.1998)
(87) Публикация РСТ: WO 99/14897 (25.03.1999)
(98) Адрес для переписки: 129010, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры", пат. пов. Ю.Д. Кузнецову, рег. № 595

(71) Заявитель: ТЕЛЕФОНАКТИЕБОЛАГЕТ ЛМ ЭРИКССОН (пابل) (SE)
(72) Изобретатель: ХАРТСЕН Якобус Корнелис (NL)
(73) Патентообладатель: ТЕЛЕФОНАКТИЕБОЛАГЕТ ЛМ ЭРИКССОН (пابل) (SE)
(74) Патентный поверенный: Кузнецов Юрий Дмитриевич

(54) НЕКООРДИНИРОВАННАЯ БЕСПРОВОДНАЯ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКАЯ СИСТЕМА С ПИКОЧАЙКАМИ СО СКАЧКООБРАЗНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ЧАСТОТЫ

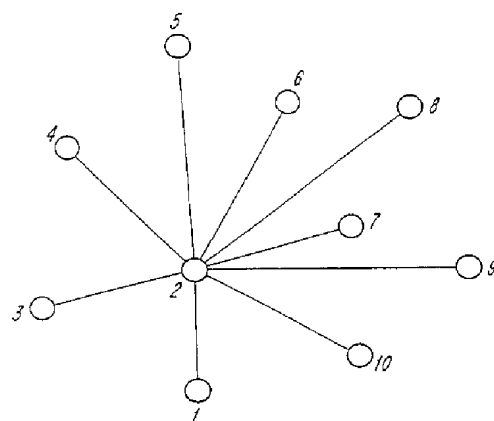
(57)
Беспроводная сеть содержит ведущее устройство и подчиненные устройства. Ведущее устройство передает адрес и тактовый сигнал ведущего устройства к подчиненным устройствам. Связь осуществляется посредством виртуального канала со скачкообразным изменением частоты, причем последовательность значений скачкообразного изменения частоты является функцией адреса ведущего устройства, а фаза является функцией тактового сигнала ведущего устройства. Передаваемые сообщения запроса требуют информации об адресе подчиненных устройств и топологии, что может использоваться для формирования дерева конфигурации для определения маршрута для соединения между ведущим и подчиненными устройствами. Информация об адресах подчиненных устройств и топологии может включать собственный адрес от каждого из подчиненных устройств и только списки адресов первого порядка от каждого из подчиненных устройств. Формирование дерева конфигурации включает

формирование иерархии колец связности из списков адресов первого порядка. Каждое дерево связности может формироваться в соответствии с правилом, что кольцо связности с более высоким номером не может включать устройства, представляющие узлы, которые уже были представлены узлом в кольце связности с более низким номером. Как вариант, каждое кольцо связности может формироваться с учетом кольца связности с текущим номером, имеющего порождающие узлы, и включая в кольцо связности со следующим более высоким номером те узлы, представляющие все порождаемые узлы порождающих узлов, для которых никакой из узлов-потомков не может представлять то же самое устройство, что и представленное порождающим узлом; ни один из узлов-потомков любого порождающего узла порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и любой из порожденных узлов данного порождающего узла, и ни один из порожденных узлов порождающего узла не может иметь то же самое имя, что и любой другой порожденный узел упомянутого любого порождающего узла.

RU 2 201 034 C2

RU 2 201 034 C2

Техническим результатом является создание способов и устройств для соединения устройств беспроводным путем для обеспечения оптимального использования выделенного спектра. 4 с. и 10 з.п.ф-лы, 12 ил.



Фиг. 1

RU 2201034 C2

RU 2201034 C2



RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** (11) **2 201 034** (13) **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **H 04 B 7/26, H 04 L 12/28**

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2000109553/09 , 16.09.1998
(24) Effective date for property rights: 16.09.1998
(30) Priority: 17.09.1997 US 08/932,911
(46) Date of publication: 20.03.2003
(85) Commencement of national phase: 17.04.2000
(86) PCT application:
SE 98/01555 (16.09.1998)
(87) PCT publication:
WO 99/14897 (25.03.1999)
(98) Mail address:
129010, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu, reg. № 595

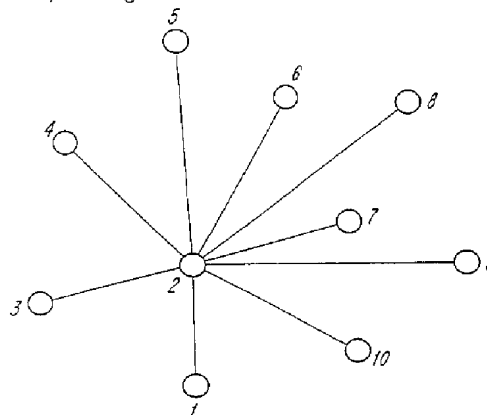
(71) Applicant:
TELEFONAKTIEBOLAGET LM EhRIKSSON (publ)
(SE)
(72) Inventor: KhARTSEN Jakobus Kornelis (NL)
(73) Proprietor:
TELEFONAKTIEBOLAGET LM EhRIKSSON (publ)
(SE)
(74) Representative:
Kuznetsov Jurij Dmitrievich

(54) **UNCOORDINATED MULTIPLE-USER FREQUENCY-JUMP WIRELESS PICO-CELL SYSTEM**

(57) Abstract:

FIELD: wireless communication networks.
SUBSTANCE: wireless network has driving device and slave devices. Driving device transmits its address and clock signal to slave devices. Communication is effected by means of frequency-jump virtual channel, frequency jump sequence being a function of driving-device address and its phase, a function of driving-device clock signal. Request messages being transmitted require data on addresses of slave devices and layout that may be used to form configuration tree for routing interconnections between driving device and slave devices. Data on addresses of slave devices and layout may include home address of each of slave devices and only lists of first-level addresses from each of slave devices. Configuration tree formation includes organization of hierarchy of connectivity rings from first-level address lists. Each connectivity tree may be formed proceeding from statement that higher-number connectivity ring cannot include devices representing nodes that have been already presented by node in lower-number connectivity ring. As an alternative connectivity ring may be formed considering current-number connectivity ring that has father nodes and including in connectivity

ring bearing next higher number the nodes representing all child nodes of father nodes for neither of descendant nodes of any child node may represent same device as any of child nodes of given father node; and neither of child nodes of any father node may have same name as any other child node of any mentioned father node. EFFECT: provision for optimal use of assigned spectrum for wireless connection of devices. 14 cl, 12 dwg



Фиг.1

Предшествующий уровень техники Изобретение относится к некоординированным беспроводным системам, более конкретно к самоорганизующейся связности в некоординированной беспроводной многопользовательской системе.

Локальные сети радиосвязи в типовом случае охватывают область техники, в которой объединяются компьютерная индустрия и индустрия беспроводной связи. Обычные компьютерные сети основываются на проводных локальных сетях, в типовом случае использующих коммутацию пакетов и предназначенных для передачи данных. В противоположность этому, беспроводные сети, в частности сотовые сети, основываются на распределенных сетях, в типовом случае используют коммутацию каналов и предназначены для передачи речевых сигналов. Большинство технических решений, используемых при проектировании локальных сетей радиосвязи, повторяют принципы, которые используются в проводных локальных сетях. Это, однако, вызывает проблемы, поскольку условия передачи в проводной среде и в беспроводной среде различаются весьма существенным образом. Более того, мультимедийные передачи требуют реализации дополнительных свойств, ввиду особых требований к характеристикам трафика, выдвигаемых необходимостью передачи данных, речи и видеосигналов. Наконец, среда передачи в домашних условиях имеет свои собственные требования, которые могут быть решающими при проектировании системы.

Почти сто процентов компьютерных сетей используют в настоящее время проводную инфраструктуру. Проводная среда передачи может включать в себя диапазон, начиная от простой витой пары до оптического волокна. Ввиду свойственного ей экранирования и контролируемости условий передачи, проводная среда передачи характеризуется низкими уровнями взаимных помех и стабильными условиями распространения. Следовательно, проводная среда обладает потенциалом для достижения скоростей передачи данных от высоких до весьма высоких. Ввиду последнего обстоятельства, все участники проводных локальных сетей в типовом случае совместно используют такую единую среду передачи. Эта среда передачи образована единым каналом, который используется только одним из ряда различных пользователей в любой конкретный момент времени. Использование мультиплексирования с временным разделением каналов позволяет различным пользователям получать доступ к каналу в различные моменты времени.

Протоколы для доступа к проводной среде передачи стандартизованы Институтом инженеров по электротехнике и электронике в его серии IEEE 802. В типовом случае для получения доступа к среде передачи используются различные методы резервирования доступа, такие как контроль несущей (например, для сети Ethernet, соответствующий норме 802.3 метод множественного доступа с контролем несущей и исключения конфликта) или использование маркеров (например, соответствующие норме 802.4 маркерные шины или соответствующие

норме 802.5 кольцевые сети с маркерным доступом). Эти протоколы могут быть использованы в распределенном смысле так, что пользователь, занимающий канал, резервирует среду своей текущей передачей или своим маркером. В таких схемах каждый пользователь может прослушивать весь трафик. Т.е. в единой локальной сети все пользователи совместно используют не только один канал, но и всю информацию, передаваемую по этому каналу. Если число участников возрастает, то локальная сеть может быть подразделена на меньшие локальные сети или сегменты, каналы которых работают независимо. Локальные сети могут быть взаимосвязаны посредством сетевых устройств, называемых мостами, или маршрутизаторов, которые образуют интерфейсы между различными локальными сетями. Такие конфигурации приводят к более сложным сетям (см., например, D. Bertsekas and R. Gallager, Data Networks, 2nd Edition, Prentice-Hall, London, 1992). При обсуждении резидентных, т.е. расположенных в помещениях, локальных сетей достаточно рассматривать одиночную локальную сеть. Локальная сеть в типовом случае обеспечивает обслуживание с коммутацией пакетов без установления соединения. Каждый пакет имеет адрес места назначения (и обычно также адрес источника), так что каждый пользователь может определить, предназначен ли передаваемый пакет для него или нет.

Следует иметь в виду, что результирующая пропускная способность, приходящаяся на пользователя, в одиночной локальной сети определяется максимальной скоростью передачи данных в канале и числом пользователей, которые совместно используют данный канал. Даже если максимальная скорость передачи данных очень высока, ввиду широкополосности проводной среды передачи, эффективная пропускная способность для пользователя может оказаться очень низкой, если канал должен совместно использоваться большим количеством пользователей.

Поскольку тип связи, имеющей место в современных проводных локальных сетях, может быть определен как асинхронный и не требующий установления соединения, то он плохо подходит для поддержки услуг, критичных к задержкам передачи, таких как передача речи. Для реализации услуг передачи речи необходимы "синхронные или изохронные соединения, которые требуют методов приоритизации в протоколах управления доступом к среде передачи, чтобы предоставить преимущество говорящим пользователям перед неговорящими пользователями. Различные исследования, проведенные для существующих сетей передачи данных, показали, что это нетривиальная задача.

В течение последних нескольких лет организации по стандартам в США и в Европе проводили работы, касающиеся беспроводных локальных сетей (БЛС). В США в результате этих работ был создан стандарт IEEE 802.11 (Проект стандарта IEEE 802.11, P802.11/D1, Dec.1994), а в Европе - стандарт ETSI HIPERLAN (ETSI, RES10/96/etr, "Radio Equipment and Systems (RES); High Performance Radio Local Area Networks

(HIPERLANs), July 1996).

Что касается стандарта IEEE 802.11, то, как указывает его название, он представляет собой расширение стандарта 802 для локальных сетей. Беспроводное соединение является линией радиосвязи или инфракрасной линией связи. Среде передачи радиосвязи соответствует полоса на частоте 2,4 ГГц, выделенная для промышленных, научных, медицинских применений (ISM-диапазон). Однако для одиночной локальной сети радиосвязи в каждый данный момент времени выделен только канал со скоростью передачи 1-2 Мбайт/с. Этот относительно узкополосный канал должен совместно использоваться всеми участниками сети радиосвязи. Определена как конфигурация, основанная на проводной инфраструктуре, так и конфигурация, основанная на произвольной (специально созданной) структуре. В случае проводной инфраструктуры система радиосвязи просто обеспечивает беспроводное расширение между проводной локальной сетью и пользовательским терминалом. Фиксированные пункты доступа обеспечивают сопряжение между проводной областью и беспроводной областью. В сети с произвольной структурой беспроводные блоки создают свою собственную беспроводную сеть. При этом не предусматривается вообще никакая проводная основная структура. Именно свойство создания произвольной структуры, обеспечиваемое беспроводными системами связи, дает беспроводным локальным сетям важное преимущество перед проводными локальными сетями в определенных областях применения.

Для исключения взаимных помех с другими сетями или другими применениями в ISM-диапазоне на частоте 2,4 ГГц, используются методы расширения спектра за счет прямой модуляции последовательностями или медленного скачкообразного изменения частоты. Доступ к каналу выполняется с использованием специальной формы протокола множественного доступа с контролем несущей и исключением конфликта (протокола CSMA/CA), который обеспечивает обслуживание без установления соединения. В архитектуре, основанной на проводной инфраструктуре, стационарная часть берет на себя роль центрального контроллера, который планирует весь трафик. В произвольной архитектуре протокол CSMA/CA обеспечивает множественный доступ к каналу.

В целом стандарт IEEE 802.11 весьма сходен со стандартом для проводной сети Ethernet, но в нем проводной канал заменен на радиоканал со скоростью передачи 1 Мбайт/с. Ясно, что эффективная пропускная способность для пользователя быстро снижается по мере увеличения количества участников. Кроме того, поскольку коэффициент расширения для метода расширения спектра с использованием прямой модуляции последовательностью составляет всего 11, а частота скачков для метода расширения спектра с использованием скачкообразного изменения частоты составляет всего от 10 до 20 скачков в секунду, то в ISM-диапазоне обеспечивается весьма невысокая устойчивость по отношению к взаимным помехам. Различные

несущие частоты теоретически могут существовать в одной и той же области (различные сети либо используют различные несущие частоты из определенных семи частот при применении метода расширения спектра путем прямой модуляции последовательностью, либо используют различные последовательности скачкообразного изменения частоты при применении метода расширения спектра путем скачкообразного изменения частоты), увеличивая за счет этого суммарную пропускную способность. Реально отмечалось, что суммарная пропускная способность, определяемая как суммарная пропускная способность для пользователя, умноженная на количество находящихся рядом пользователей (не обязательно являющихся участниками одной и той же сети), никогда не может превысить 4-6 Мбайт/с при применении любого метода (см. A.Kamerman, "Spread-Spectrum Techniques Drive WLAN Performance," *Microwaves & RF*, Sept. 1996, p.109-114).

Для рядом расположенных различных сетей согласно стандарту IEEE 802.11 является предпочтительным, чтобы сети базировались на проводной инфраструктуре: ограниченное число рядом расположенных фиксированных пунктов доступа могут создать их собственную сеть. Затем возможна некоторая степень координации посредством проводной сети. Однако для сетей, базирующихся на произвольной структуре, это намного труднее в соответствии со стандартом IEEE 802.11, так как протокол управления доступом к сетевой среде (протокол MAC) не применяется автоматически к такой конфигурации. Вместо этого блоки, которые попадают в область действия такой произвольной сети, будут присоединяться к существующей сети и не будут создавать своей собственной сети.

Стандарт HIPERLAN развивался тем же путем, что и стандарт IEEE 802.11. Система работает в диапазоне на частоте 5,2 ГГц (не предоставлен для использования в США). Стандарт находится все еще в стадии разработки и включает в себя семейство субстандартов HIPERLAN 1-4. Самая основная часть HIPERLAN 1 (ETSI, ETS 300652, "Radio Equipment and Systems (RES); High Performance Radio Local Area Networks (HIPERLAN) Type 1; Functional Specification", June 1996) подобна стандарту IEEE 802.11. И вновь используется один канал, но при более высокой максимальной скорости передачи данных 23,5 Мбайт/с. Используется специализированная схема протокола CSMA/CA, определяемая как множественный доступ с приоритизацией без вытеснения с исключением выхода (EY-NPMA), который предусматривает ряд конкурентных фаз, прежде чем канал будет зарезервирован. Хотя диапазон на частоте 5,2 ГГц является нелицензированным в Европе, разрешены только применения HIPERLAN-типа. Поэтому не реализуются специальные меры по отношению к неизвестным источникам помех. Различные сети могут сосуществовать в одной и той же области, при условии использования различных каналов шириной 23 МГц. Помимо частоты 5,2 ГГц, определены пять таких каналов.

Другая интересная деятельность в направлении разработок стандарта HIPERLAN связана со стандартизацией согласно HIPERLAN 2, которая концентрируется на беспроводном асинхронном режиме передачи (АТМ). Предполагается, что эта беспроводная сеть также будет использовать полосу на частоте 5,2 ГГц, будет поддерживать передачи с максимальными скоростями передачи данных порядка 40 Мбайт/с и использовать централизованную схему доступа с некоторой схемой протокола MAC назначения по требованию.

Общим для существующих беспроводных и проводных локальных сетей является то, что один канал совместно используется всеми участниками в локальной сети. Все пользователи совместно используют как собственно среду передачи, так и всю информацию, передаваемую в этой среде. В проводной локальной сети этот канал охватывает всю среду передачи. Однако это не имеет места в локальных сетях радиосвязи. В локальных сетях радиосвязи среда радиосвязи обычно имеет полосу от 80 до 100 МГц. Ввиду ограничений на практическую реализацию и стоимость приемопередатчиков радиосвязи и ввиду ограничений, устанавливаемых административными органами, подобными FCC и ETSI, представляется невозможным определить канал радиосвязи в локальной сети радиосвязи с той же шириной полосы, что и в среде радиосвязи. Поэтому лишь часть среды радиосвязи используется в одиночной локальной сети. В результате максимальная скорость передачи данных в канале снижается. Но более важным является то, что эффективная пропускная способность для пользователей снижается, так как все участники совместно используют этот канал, который теперь намного меньше, чем среда передачи. Хотя среда передачи подразделяется на различные каналы, каждый из которых может использоваться для установки отдельной локальной сети радиосвязи, на практике только одна сеть перекрывает определенную область, особенно если речь идет о сетях с произвольной структурой. В локальных сетях радиосвязи, базирующихся на проводной инфраструктуре, для создания ячеек могут использоваться различные каналы, причем каждая ячейка находится в своей собственной сети, которая не создает помех соседним ячейкам. Этот результат достигается ценой усилий, направленных на планирование распределения каналов. Таким путем создается сотовая структура, которая подобна сотовой структуре, встречающейся в сотовых мобильных системах. Использование различных сетей радиосвязи с произвольной структурой в одной и той же ячейке, однако, запрещено, что ограничивает достижимую суммарную пропускную способность на единицу зоны обслуживания.

Рассматривая теперь передачу речи с помощью каналов передачи данных, можно заключить, что это все еще представляет проблему в традиционных системах, так как стандарты беспроводных локальных сетей используют схемы множественного доступа, используемые в их проводных прототипах. Показано, что использование таких

протоколов MAC для передачи речи также не является в полной мере подходящим (см. M.A. Visser, et al., "Voice and Data Transmission over 802.11 Wireless Network," Proc. of PIMRC'95, Toronto, Sept. 1995, p. 648-652).

Таким образом, существует потребность в экономичной и эффективной беспроводной системе, способной заменить локальную сеть, которая могла бы поддерживать передачу как речи, так и данных, и являлась самоорганизующейся для эффективного использования ограниченного спектра частот радиосвязи.

Сущность изобретения

Таким образом, задачей изобретения является создание способов и устройства для соединения устройств беспроводным путем для обеспечения оптимального использования выделенного спектра.

Кроме того, задачей изобретения является создание структуры связности, в которой отдельные устройства могут устанавливать независимо двухточечные соединения без помех со стороны двухточечных соединений между другими устройствами, совместно использующими ту же самую зону обслуживания и тот же самый спектр частот.

В соответствии с одним из аспектов настоящего изобретения, вышеуказанные результаты достигаются в беспроводной сети, содержащей ведущее устройство и подчиненное устройство. Ведущее устройство содержит средство для передачи адреса ведущего устройства к подчиненному устройству; средство для передачи тактового сигнала ведущего устройства к подчиненному устройству и средство для осуществления связи с подчиненным устройством посредством виртуального канала со скачкообразным изменением частоты. Подчиненное устройство содержит средство для приема адреса ведущего устройства от ведущего устройства; средство для приема тактового сигнала ведущего устройства от ведущего устройства и средство для осуществления связи с ведущим устройством посредством виртуального канала со скачкообразным изменением частоты. Кроме того, в данном варианте осуществления беспроводной сети последовательность скачкообразного изменения частоты виртуального канала со скачкообразным изменением частоты является функцией адреса ведущего устройства; а фаза последовательности скачкообразного изменения частоты виртуального канала со скачкообразным изменением частоты является функцией тактового сигнала ведущего устройства.

Согласно другому аспекту изобретения ведущее устройство в беспроводной сети дополнительно содержит средство для передачи сообщения запроса, требующего адреса подчиненного устройства от подчиненного устройства; а подчиненное устройство дополнительно содержит средство для приема сообщения запроса и средство для ответа на сообщение запроса для передачи адреса подчиненного устройства к ведущему устройству.

Согласно другому аспекту изобретения ведущее устройство в беспроводной сети дополнительно содержит средство для приема информации об адресе подчиненного устройства и топологии от более чем одного

подчиненного устройства и средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии.

Согласно еще одному аспекту изобретения информация об адресе подчиненного устройства и топологии включает собственный адрес от каждого из более чем одного подчиненного устройства и только списки адресов первого порядка от каждого из более чем одного подчиненного устройства, а средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии содержит средство для формирования n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем средство для формирования формирует каждое из колец связности в соответствии с правилом, что кольцо связности с более высоким номером не может включать устройства, представляющие узлы, которые уже были представлены узлом в кольце связности с более низким номером.

В другом возможном варианте средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии содержит средство для формирования n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем средство для формирования формирует каждое из колец связности с учетом кольца связности с текущим номером, имеющего порождающие узлы, и включая в кольцо связности со следующим более высоким номером те узлы, представляющие все порождаемые узлы порождающих узлов, которые удовлетворяют следующим правилам: никакой из узлов-потомков не может представлять то же самое устройство, что и представленное порождающим узлом; ни один из узлов-потомков любого порожденного узла порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и любой из порожденных узлов данного порождающего узла; и ни один из порожденных узлов любого порождающего узла не может иметь то же самое имя, что и любой другой порожденный узел упомянутого любого порождающего узла.

Согласно еще одному аспекту изобретения беспроводное устройство, предназначенное для использования в беспроводной сети, имеющей рассеянную топологию, содержит средство для приема информации адреса и топологии от каждого из ряда других беспроводных устройств и средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации адреса и топологии.

Согласно еще одному аспекту изобретения беспроводное устройство дополнительно содержит средство для использования дерева конфигурации для определения маршрута для соединения между данным беспроводным устройством и по меньшей мере одним из других беспроводных устройств.

Согласно еще одному из аспектов беспроводного устройства, соответствующего изобретению, информация об адресе и топологии включает собственный адрес от каждого из более чем одного устройства и только списки адресов первого порядка от каждого из остальных устройств, а средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии содержит средство для формирования n

колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем средство для формирования формирует каждое из колец связности в соответствии с правилом, что кольцо связности с более высоким номером не может включать устройства, представляющие узлы, которые уже были представлены узлом в кольце связности с более низким номером.

Согласно еще одному из аспектов беспроводного устройства, соответствующего изобретению, информация об адресе и топологии включает собственный адрес от каждого из более чем одного устройства и только списки адресов первого порядка от каждого из остальных устройств, а средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии содержит средство для формирования n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем средство для формирования формирует каждое из колец связности с учетом кольца связности с текущим номером, имеющего порождающие узлы, и включая в кольцо связности со следующим более высоким номером те узлы, представляющие все порождаемые узлы порождающих узлов, которые удовлетворяют следующим правилам: никакой из узлов-потомков порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и представленное порождающим узлом; ни один из узлов-потомков любого порожденного узла порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и любой из порожденных узлов порождающего узла; и ни один из порожденных узлов любого порождающего узла не может иметь то же самое имя, что и любой другой порожденный узел упомянутого любого порождающего узла.

Согласно другому аспекту изобретения способ формирования дерева связности для использования при определении маршрута соединения между первым беспроводным устройством и любым из числа других беспроводных устройств включает следующие этапы: прием первым беспроводным устройством информации об адресе и топологии от каждого из других беспроводных устройств, причем информация об адресе и топологии включает собственный адрес от каждого из других беспроводных устройств и только списки адресов первого порядка от каждого из других беспроводных устройств, и формирование в первом беспроводном устройстве n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем каждое из колец связности формируется в соответствии с правилом, что кольцо связности с более высоким номером не может включать устройства, представляющие узлы, которые уже были представлены узлом в кольце связности с более низким номером.

Согласно другому аспекту изобретения относится к способу формирования дерева связности для использования при определении маршрута соединения между первым беспроводным устройством и любым из числа других беспроводных устройств. Способ включает следующие этапы: прием первым беспроводным устройством информации об адресе и топологии от каждого из других беспроводных устройств,

причем информация об адресе и топологии включает собственный адрес от каждого из других беспроводных устройств и только списки адресов первого порядка от каждого из других беспроводных устройств, и формирование в первом беспроводном устройстве n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем каждое из колец связности формируется с учетом кольца связности с текущим номером, имеющего порождающие узлы, и включая в кольцо связности со следующим более высоким номером те узлы, представляющие все порождаемые узлы порождающих узлов, которые удовлетворяют следующим правилам: никакой из узлов-потомков порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и представленное порождающим узлом; ни один из узлов-потомков любого порожденного узла порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и любой из порожденных узлов порождающего узла; и ни один из порожденных узлов любого порождающего узла не может иметь то же самое имя, что и любой другой порожденный узел упомянутого любого порождающего узла.

Согласно другому аспекту изобретения беспроводная сеть, имеющая рассеянную топологию, содержит первое ведущее устройство, второе ведущее устройство, первое подчиненное устройство и второе подчиненное устройство. Первое ведущее устройство содержит средство для передачи адреса первого ведущего устройства к первому подчиненному устройству; средство для передачи тактового сигнала первого ведущего устройства к первому подчиненному устройству и средство для осуществления связи с первым подчиненным устройством посредством первого виртуального канала со скачкообразным изменением частоты. Первое подчиненное устройство содержит средство для приема адреса первого ведущего устройства от первого ведущего устройства; средство для приема тактового сигнала первого ведущего устройства от первого ведущего устройства и средство для осуществления связи с первым ведущим устройством посредством первого виртуального канала со скачкообразным изменением частоты. Второе ведущее устройство содержит средство для передачи адреса второго ведущего устройства ко второму подчиненному устройству; средство для передачи тактового сигнала второго ведущего устройства ко второму подчиненному устройству и средство для осуществления связи с вторым подчиненным устройством посредством второго виртуального канала со скачкообразным изменением частоты. Второе подчиненное устройство содержит средство для приема адреса второго ведущего устройства от второго ведущего устройства; средство для приема тактового сигнала второго ведущего устройства от второго ведущего устройства и средство для осуществления связи со вторым ведущим устройством посредством второго виртуального канала со скачкообразным изменением частоты. Кроме того, в беспроводной сети первая последовательность скачкообразного изменения частоты первого виртуального

канала со скачкообразным изменением частоты является функцией адреса первого ведущего устройства; а фаза первой последовательности скачкообразного изменения частоты первого виртуального канала со скачкообразным изменением частоты является функцией тактового сигнала первого ведущего устройства; вторая последовательность скачкообразного изменения частоты второго виртуального канала со скачкообразным изменением частоты является функцией адреса второго ведущего устройства; а фаза второй последовательности скачкообразного изменения частоты второго виртуального канала со скачкообразным изменением частоты является функцией тактового сигнала второго ведущего устройства; при этом тактовый сигнал первого ведущего устройства некоррелирован с тактовым сигналом второго ведущего устройства, а первый виртуальный канал со скачкообразным изменением частоты использует тот же самый спектр частот радиосвязи, что и второй виртуальный канал со скачкообразным изменением частоты. При таком выполнении первый виртуальный канал со скачкообразным изменением частоты отличен от второго виртуального канала со скачкообразным изменением частоты, что обеспечивает осуществление связи между первым ведущим устройством и первым подчиненным устройством по существу без создания помех осуществлению связи между вторым ведущим устройством и вторым подчиненным устройством.

Согласно другому аспекту изобретения каждое из упомянутых первого и второго ведущих устройств в беспроводной сети дополнительно содержит средство для передачи сообщения запроса, требующего адреса подчиненного устройства от первого и второго подчиненных устройств. Кроме того, каждое из упомянутых первого и второго подчиненных устройств дополнительно содержит средство для приема сообщения запроса и средство для ответа на сообщение запроса для передачи адреса подчиненного устройства к первому и второму ведущим устройствам.

Согласно другому аспекту изобретения каждое из упомянутых первого и второго ведущих устройств в беспроводной сети дополнительно содержит средство для приема информации об адресе и топологии от более чем одного подчиненного устройства и средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии.

Согласно еще одному аспекту изобретения каждое из упомянутых первого и второго ведущих устройств дополнительно содержит средство для использования дерева конфигурации для определения маршрута для соединения между первым и вторым ведущими устройствами и соответственно первым и вторым подчиненными устройствами.

Согласно еще одному аспекту изобретения информация об адресе подчиненного устройства и топологии включает собственный адрес от каждого из более чем одного подчиненного устройства и только список адресов первого порядка от каждого из более чем одного подчиненного устройства, а

средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии содержит средство для формирования n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем средство для формирования формирует каждое из колец связности в соответствии с правилом, что кольцо связности с более высоким номером не может включать устройства, представляющие узлы, которые уже были представлены узлом в кольце связности с более низким номером.

В другом аспекте изобретения, информация об адресе и топологии в беспроводной сети включает собственный адрес от каждого из более чем одного подчиненного устройства и только списки адресов первого порядка от каждого из более чем одного подчиненного устройства. Кроме того, средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии содержит средство для формирования n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем средство для формирования формирует каждое из колец связности с учетом кольца связности с текущим номером, имеющего порождающие узлы, и включая в кольцо связности со следующим более высоким номером те узлы, представляющие все порождаемые узлы порождающих узлов, которые удовлетворяют следующим правилам: никакой из узлов-потомков не может представлять то же самое устройство, что и представленное порождающим узлом; ни один из узлов-потомков любого порожденного узла порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и любой из порожденных узлов порождающего узла; и ни один из порожденных узлов любого порождающего узла не может иметь то же самое имя, что и любой другой порожденный узел упомянутого любого порождающего узла.

Краткое описание чертежей

Задачи и преимущества изобретения поясняются в последующем подробном описании, иллюстрируются чертежами, на которых представлено следующее:

фиг.1 - блок-схема сети, имеющей звездообразную топологию;

фиг.2 - блок-схема сети, имеющей кольцевую топологию;

фиг.3 - блок-схема сети, имеющей ячеистую топологию;

фиг. 4 - иллюстрация беспроводной локальной сети, имеющей рассеянную топологию, соответствующую одному из аспектов изобретения;

фиг. 5a - изображение известной локальной сети, использующей один канал, идентичный среде передачи;

фиг. 5b - изображение известной локальной сети, в которой среда передачи разделена на несколько субканалов;

фиг. 5c - изображение локальной сети, которая использует многоканальный подход, в соответствии с одним из аспектов изобретения;

фиг. 6a - изображение пикосети, соответствующей одному из аспектов изобретения, в которой два беспроводных устройства, не находящиеся в зоне действия друг друга, осуществляют связь через

промежуточное беспроводное устройство, которое находится в зоне действия каждого из остальных беспроводных устройств и которое действует в качестве ведущего устройства пикосети;

фиг.6b - иллюстрация альтернативного варианта осуществления изобретения, согласно которому два беспроводных устройства, не находящиеся в зоне действия друг друга, осуществляют связь через промежуточное беспроводное устройство, которое находится в зоне действия каждого из остальных беспроводных устройств и которое действует в качестве моста между двумя пикосетями;

фиг. 7 - изображение примерной конфигурации, иллюстрирующей процедуру запроса, соответствующую одному из аспектов изобретения;

фиг. 8 - изображение расширенной процедуры запроса в соответствии с другим аспектом изобретения;

фиг. 9 - изображение дерева связности первого типа согласно одному из аспектов изобретения;

фиг.10 - изображение дерева связности второго типа согласно другому аспекту изобретения;

фиг.11 - иллюстрация использования дерева связности для определения возможных маршрутов для осуществления соединения, в соответствии с одним из аспектов изобретения;

фиг. 12 - блок-схема системы, реализующей различные признаки, соответствующие изобретению.

Детальное описание

Изобретение описывается ниже со ссылками на чертежи, на которых одинаковые элементы обозначены одинаковыми ссылочными позициями.

Как упомянуто при описании предшествующего уровня техники, традиционный одноканальный подход к локальным сетям характеризуется тем, что все устройства могут принимать всю информацию, передаваемую по каналу. Следовательно, сеть может иметь топологию типа звезды, как показано на фиг.1, кольца, как показано на фиг.2, или ячеистую топологию, как показано на фиг.3. В звездообразной топологии контроллер ведущего устройства, который планирует все передачи, может быть размещен в центре. В кольцевой и ячеистой топологиях применяется более распределенное управление. Для проводных локальных сетей в большей степени подходят звездообразная и кольцевая топологии, поскольку они минимизируют объем кабельных соединений. Однако ячеистая топология, при которой одно устройство может осуществлять связь со многими другими устройствами, автоматически возникает в локальных сетях радиосвязи вследствие всенаправленного характера распространения радиосигналов. При традиционных топологиях, показанных на фиг.1, 2 и 3 все устройства соединяются с каждым из остальных устройств в сети. Каждое устройство постоянно прослушивает передачи ведущего устройства или контролирует трафик в канале. Это предпочтительно для таких передач, как широкоадресные передачи или многоадресные передачи. Однако такие

применения используются лишь в течение малой доли времени. Напротив, в большинстве применений требуются услуги с использованием двухточечных соединений или соединений от одной точки к множеству точек между ограниченным количеством устройств, связанных с сетью. Для таких применений одноканальный подход означает ограничение эффективности.

Поэтому в соответствии с одним из аспектов изобретения используется многоканальный подход, при котором устройства, которые желают осуществлять связь, не должны ожидать свободного места в канале, а вместо этого осуществляют поиск свободного канала, который они могут непосредственно использовать. При таком подходе все пользователи в среднем совместно используют все каналы в выделенном спектре частот, но только малое число пользователей используют конкретный канал в конкретный момент времени. Таким путем можно устанавливать одновременно действующие каналы связи без создания помех друг другу. Многоканальный подход также обеспечивает возможность повторного использования канала: если соединения в достаточной степени разнесены территориально, то они могут использовать один и тот же канал, не создавая значительных помех друг другу.

В такой сети соединены только устройства, осуществляющие связь друг с другом. Вся сеть в целом состоит из рассеянных соединений или рассеянных субсетей (пикосетей) и поэтому определяется здесь как имеющая рассеянную топологию. Данная конфигурация отличается от существующих проводных локальных сетей и беспроводных локальных сетей тем, что хотя среда передачи (например, спектр частот шириной 83,5 МГц на частоте 2,4 ГГц) совместно используется всеми пользователями, однако информация, передаваемая в среде передачи, не используется совместно всеми пользователями. Вместо этого создаются каналы, и каждый канал совместно используется только конкретными участниками, а именно теми, которые должны совместно использовать передаваемую информацию. Хотя каждое устройство потенциально может соединяться с каждым другим устройством в пределах его зоны действия, оно не будет одновременно соединяться со всеми такими устройствами в его зоне действия. Можно устанавливать множество произвольных соединений, каждое из которых работает независимо.

Пример рассеянной сети 401, соответствующей изобретению, показан на фиг. 4. На этом чертеже показаны четыре субсети 403-1,..., 403-4. В каждой субсети 403-х принимают участие только те устройства, которые на самом деле желают обмениваться информацией. Каждая субсеть 403-х имеет свой собственный виртуальный канал, и только участники пикосети соревнуются за получение соответствующего канала. Субсети 403-х функционируют независимо по отношению друг к другу. Устройства, для которых нет необходимости в информационном обмене (например, устройство 8 на фиг.4), не устанавливают соединения. Однако эти устройства

периодически сканируют спектр на наличие пейджинговых сообщений, чтобы установить наличие другого устройства, которое желает установить с ним связь.

Для исключения взаимных помех между различными соединениями и субсетями 403-х применяется некоторая форма адаптивного распределения каналов или некоторая форма расширения спектра. Если применяется адаптивное распределение каналов, то устройства, желающие установить соединения, выполняют измерения в различных каналах и затем выбирают наилучший канал (т.е. канал с наименьшими помехами). Адаптивная схема имеет, однако, некоторые недостатки по сравнению с методами расширения спектра, описанными ниже. Во-первых, может оказаться затруднительным получить надежные измерения в канале вследствие импульсного характера трафика данных. Во-вторых, должен использоваться некоторый механизм, обеспечивающий устройствам, желающим установить связь друг с другом, возможность выбора одного и того же наилучшего канала, что является нетривиальной задачей. Незбежно использование центрального контроллера. В противоположность этому, расширение спектра, также требуемое Федеральной Комиссией по коммуникациям (FCC) в нелицензируемой полосе частот, подобной ISM-диапазону на частоте 2,4 ГГц, характеризует собой более привлекательный для использования метод.

В случае, когда используется метод расширения спектра, для растягивания спектра взаимных помех может применяться расширение спектра частот путем прямой модуляции последовательностью или скачкообразного изменения частоты. Соответствующий эфирный интерфейс, использующий медленное скачкообразное изменение частоты (СИЧ) описан в заявке на патент США 08/685069 на "Систему радиосвязи малой дальности действия и способ ее использования", поданной 23 июля 1996 на имя Paul W.Dent и Jacobus C.Haartsen, переуступленной заявителю настоящей заявки. В указанной заявке описан эфирный интерфейс, который обеспечивает устойчивость по отношению к взаимным помехам от находящихся рядом пользователей, а также к другим источникам помех путем применения режима скачкообразного изменения частоты и схемы быстрой повторной передачи пакетов.

Скачкообразное изменение частоты по сравнению с расширением спектра за счет прямой модуляции последовательностью является предпочтительным по целому ряду причин. Во-первых, желательно иметь возможность устанавливать множество находящихся в непосредственной близости, но некоординированных соединений. В такой среде расширение спектра за счет прямой модуляции последовательностью создало бы ряд проблем, связанных со степенью удаленности. Механизм управления мощностью не может быть реализован из-за некоординированности передатчиков. Наличие неизвестных источников помех также потребовало бы необходимости в относительно высоком выигрыше за счет обработки и высокой передаваемой

мощности. Высокий коэффициент расширения спектра, который связан с получением высокого выигрыша при обработке, привел бы к удорожанию приемопередатчика. Что касается высокой передаваемой мощности, то это представляется нежелательным в условиях аппаратуры с батарейным питанием. Наконец, наилучшая устойчивость по отношению к взаимным помехам достигается путем использования всего располагаемого спектра, т.е. полосы 83,5 МГц на частоте 2,4 ГГц. Расширение спектра за счет прямой модуляции последовательностью может использовать только часть спектра ввиду ограничений по ширине полосы в приемопередатчике. В противоположность этому, системы со скачкообразным изменением частоты могут осуществлять перестройку частоты в среднем во всем спектре, но при этом иметь приемлемое мгновенное значение ширины полосы канала. Аналогично стандарту IEEE 802.11, настоящее изобретение предусматривает использование 79 скачков с шириной полосы 1 МГц. Виртуальный канал определен как псевдослучайная последовательность скачков, изменяющаяся в среднем по всем 79 значениям. Различные соединения могут устанавливаться одновременно путем применения различных виртуальных каналов. Случайным образом различные виртуальные каналы могут использовать одно и то же значение скачкообразно изменяющейся частоты, и в этом случае возникнет конфликт. Для исключения искажений в этом случае используется исправление ошибок и избыточность.

Совместное использование среды передачи в соответствии с настоящим изобретением по сравнению с другими системами поясняется далее со ссылками на фиг. 5a, 5b и 5c. Фиг.5a иллюстрирует известный одноканальный метод, при котором имеется только один канал 503, и этот канал 503 идентичен среде передачи 501, как это имеет место в проводных локальных сетях. Все пользователи конкурируют за получение одного и того же канала 503, и для обеспечения каждому пользователю возможности получить часть ресурсов передачи, используется мультиплексирование путем временного разделения каналов. Доступ к каналу 503 контролируется либо централизованно, либо распределенным образом. Фиг.5b иллюстрирует известную систему, в которой среда передачи 501 разделена на несколько субканалов 505-х, например, с использованием мультиплексирования путем частотного разделения каналов. Пользователи в пределах дальности действия устанавливают сеть с использованием одного из субканалов 505-х. Эти субканалы 505-х являются либо фиксированными (подобно тому, как в стандарте HIPERLAN) или осуществляют медленное скачкообразное изменение частоты в пределах всей среды передачи (подобно тому, как реализовано расширение спектра путем медленного скачкообразного изменения частоты согласно стандарту IEEE 802.11). Т.е. в различные моменты времени выбирается отличающийся субканал 505-х. Однако в любой момент времени все пользователи конкурируют за получение доступа к одному и тому же субканалу.

Например, на фиг. 5b иллюстрируется момент времени, в который каждый из пользователей 1-9 конкурирует за получение доступа к субканалу 505-3.

5 Фиг. 5c иллюстрирует многоканальный подход, соответствующий изобретению. Вновь среда передачи 501 разделена на субканалы. Однако группа соединенных пользователей 507-х мультиплексируется (например, путем скачкообразного изменения частоты) во всех субканалах 509-х с относительно высокой частотой. Пакеты мультиплексируются с частотой скачков среди различных субканалов 509-х. Закон скачкообразного изменения представляет виртуальный канал. На фиг. 5c представлены три группы 507-х пользователей: первая группа 507-1 включает пользователей, идентифицированных как пользователи 2, 3 и 4; вторая группа 507-2 включает пользователей, идентифицированных как пользователи 6, 7 и 9. В соответствии с изобретением каждая из этих групп 507-х образует пикосеть. В данном примере дополнительный пользователь, т.е. пользователь 1 не включен ни в одну из групп 507-х пользователей и поэтому не соединен ни с одной из этих трех пикосетей.

20 25 30 35 40 45 50 55 Ясно, что многоканальный подход, иллюстрируемый с помощью фиг.5c, обеспечивает намного более высокую общую пропускную способность, чем одноканальный подход, иллюстрируемый с помощью фиг.5b, когда среда передачи должна подразделяться на множество меньших субканалов, вследствие ограничений в приемопередатчиках радиосвязи или нормативных ограничений. В настоящем изобретении каждая пикосеть соответствует виртуальному каналу, использующему конкретную последовательность для мультиплексирования (путем скачкообразного изменения) субканалов и использующему конкретный адрес линии связи для идентификации своих пакетов. Различные пикосети повторно используют все субканалы случайным образом; каждый субканал используется в среднем всеми пикосетями. Совместное использование субканалов приводит в результате к статистическому мультиплексированию между пикосетями, что обеспечивает повышение эффективности в условиях импульсного трафика, имеющего место в приложениях, связанных с передачей данных. Ввиду высокой частоты скачков (один пакет на скачок) статистическое мультиплексирование имеет намного более высокую эффективность, чем, например, достигаемая в рядом расположенных беспроводных локальных сетях, использующих расширение спектра за счет медленного скачкообразного изменения частоты согласно стандарту 802.11, при котором время пребывания в одном канале намного более длительное.

60 Тип услуги, обеспечиваемой при многоканальном подходе, может быть охарактеризован как занимающий промежуточное положение между услугой с чистой коммутацией каналов и услугой с чистой коммутацией пакетов. Виртуальные каналы определены подобно каналам в ориентированных на соединение сетях с коммутацией пакетов. Однако каждый виртуальный канал уникальным образом

связан с двумя или более пользователями и работает синхронным образом, подобно каналам в сетях с коммутацией каналов. Кроме того, в отличие от субканалов или каналов в сетях с коммутацией каналов, которые используются исключительно соединенными пользователями, каналы в пикосетях совместно используются в среднем всеми пользователями. Для применений с импульсным характером данных это обеспечивает более высокую пропускную способность и лучшее использование среды передачи вследствие статистического мультиплексирования пакетов, что не встречается в традиционных сетях с коммутацией каналов.

Обсуждение далее будет фокусироваться на примерах способов, позволяющих устройствам устанавливать соединения произвольной пикосети, описанные выше. Описанная здесь система была оптимизирована для быстрой установки и завершения произвольных соединений между произвольными беспроводными устройствами, рассредоточенными в ограниченной области. Могут устанавливаться двухточечные соединения и соединения от одной точки к множеству точек. Все устройства являются одноранговыми устройствами, каждое из которых использует идентичную радиоприемную аппаратуру связи. В соответствии с одним из аспектов изобретения одному устройству временно придается функция ведущего устройства, когда инициируется установление соединения. Такое назначение продолжается только в течение длительности соединения. Если только не переопределено, ведущим устройством является устройство, которое инициировало соединение. Каждое устройство имеет уникальный адрес или код доступа, с помощью которого оно идентифицируется. В возможном варианте осуществления адрес имеет длительность 64 бита, но, разумеется, это не является обязательным для каждого варианта осуществления. Адрес определяет псевдослучайную последовательность скачкообразного изменения или виртуальный канал, который использует устройство, когда оно является ведущим устройством. Ведущее устройство, таким образом, должно распределять свой адрес среди подчиненных так, чтобы все они использовали тот же самый виртуальный канал со скачкообразным изменением. В течение длительности соединения используется очень длинная последовательность скачков, в которой каждый скачок из 79 возможных скачков реализуется с равной вероятностью. Фаза последовательности скачков определяется системным тактовым сигналом в приемопередатчике ведущего устройства.

Устройство, находящееся в дежурном режиме, активизируется с регулярными временными интервалами, например, каждые T секунд (например, 1,28 с) для прослушивания пейджинговых сообщений, которые состоят из его адреса. Такое пейджинговое сообщение может рассматриваться как код последовательности прямой модуляции из 64 кодовых элементов: приемник осуществляет корреляционную обработку по отношению к этому коду и активизирует остальную часть блоков

приемопередатчика только в том случае, если результат корреляции превышает определенный порог. С каждым новым моментом активизации устройство активизируется при новом значении скачка в соответствии с последовательностью активизации, состоящей из 32 скачков. Эти 32 скачка активизации являются уникальными и равномерно распределены в ISM-диапазоне на частоте 2,4 ГГц. Как скачки активизации, так и псевдослучайная последовательность скачков активизации определяются посредством адреса устройства, находящегося в дежурном режиме. Фаза последовательности определяется системным тактовым сигналом устройства, находящегося в дежурном режиме. Устройство, пытающееся установить соединение (устройство, посылающее пейджинговый вызов), повторно передает пейджинговое сообщение (которое является кодом расширения, представляющим адрес приемника вызова) с высокой частотой повторения на различных значениях скачков. Оно использует скачки активизации и последовательность скачков активизации приемника вызова и пытается соединиться с приемником вызова путем передачи пейджингового сообщения на возможно большем количестве значений скачков в последовательности скачков активизации. Имея оценку системного тактового сигнала приемника вызова, вызывающее устройство может осуществить начальную синхронизацию, поскольку оно знает, когда и на каком значении скачка приемник вызова будет активизирован. При условии известности тактового сигнала приемника вызова задержка начальной синхронизации для наихудшего случая равна T (вследствие того, что устройство, находящееся в дежурном режиме, активизируется только каждые T секунд). В случае неизвестности тактового сигнала приемника вызова задержка начальной синхронизации для наихудшего случая равна 2T. Эти задержки получены в среде передачи без учета ошибок. При наличии ошибок время начальной синхронизации может увеличиться. Вышеописанные способы установления связи с устройством, находящимся в дежурном режиме более полно описаны в заявке на патент США 08/771692 на "Способ доступа в системе связи со скачкообразным изменением частоты", поданной 23 декабря 1996 на имя Haartsen et al.

После того как соединение установлено, устройство, посылающее пейджинговое сообщение, которое обозначено как ведущее устройство, пересылает свой адрес и свой системный тактовый сигнал к приемнику вызова. Код и тактовый сигнал ведущего устройства затем будут использоваться для определения виртуального канала со скачкообразным изменением частоты. Этот код ведущего устройства также используется для идентификации пакетов в виртуальном канале. Т. е. каждому пакету в виртуальном канале, независимо от того, какой пользователь виртуального канала является передающим, предшествует адрес ведущего устройства, служащий в качестве адреса линии связи. Если различные устройства в одной и той же области устанавливают различные соединения, то каждое из них

использует различный виртуальный канал и различный адрес линии связи, как это определено параметрами устройств, которые инициировали соединения (т.е. ведущих устройств).

Для того чтобы позволить более чем двум пользователям принимать участие в работе пикосети, ограниченные возможности установления соединений типа от одной точки к множеству точек определены в возможном варианте осуществления, что позволяет устройству, назначенному для выполнения функций ведущего устройства, осуществлять соединения с множеством подчиненных устройств. В результате возникает звездообразная топология с ведущим устройством в центре. Подчиненные устройства не могут осуществлять связь непосредственно одно с другим, а должны использовать ведущее устройство в качестве посредника. Используется схема опроса, которая организует передачи различных подчиненных устройств. Все подчиненные устройства синхронизированы по времени, т.е. все они прослушивают ведущее устройство в одно и то же время. Только то подчиненное устройство, которое адресовано (опрашивается для ответа) в выделенном временном интервале приема подчиненного устройства, имеет возможность ответа в последующем выделенном временном интервале передачи подчиненного устройства. Все устройства, ведущее и подчиненные, распознают пакеты в виртуальном канале по коду линии связи (который представляет собой адрес ведущего устройства). Конкретное подчиненное устройство в пикосети идентифицируется адресом ее участника. В возможном варианте осуществления адрес участника представляет собой 3-битовый адрес в заголовке пакета. -битовый адрес ограничивает число участников в пикосети до восьми. Если конкретный вариант осуществления не позволяет расширить заголовков пакета для включения более широкого адресного поля, то большее количество участников может быть обеспечено путем реализации дополнительной схемы адресации в полезной нагрузке пакета.

Линия связи между устройствами использует дуплексную схему с разделением по времени, согласно которой приемопередатчик радиосвязи попеременно осуществляет передачу и прием. Кадр дуплексного режима с временным разделением состоит из выделенных временных интервалов передачи и приема. Сообщения, подлежащие передаче, разделяются на пакеты. Каждый временной интервал передачи и приема может содержать максимум один пакет передачи и один пакет приема соответственно. Последовательные временные интервалы используют различные значения скачкообразного изменения, как определено виртуальным каналом. Виртуальный канал обеспечивает синхронную линию связи: устройства, которые совместно используют один и тот же виртуальный канал скачкообразно перестраиваются по частоте синхронно и в строгом соответствии с хронированием дуплексного режима с временным разделением. Однако временной интервал не обязательно должен быть занят.

Если отсутствуют данные, которые должны передаваться, то два соединенных устройства могут скачкообразно перестраиваться синхронно без обмена пакетами. Хотя услуга, обеспечиваемая такой линией связи, по своей природе является ориентированной на соединение, каждый пакет содержит адрес линии связи, соответствующий виртуальному каналу. Канал не является свободным от конкуренции. Различные виртуальные каналы могут случайным образом использовать одно и то же значение скачкообразного изменения. Следовательно, приемник вызова должен анализировать принятый адрес линии связи, чтобы идентифицировать, действительно ли принятый пакет предназначен для него, или пакет связан с другим виртуальным каналом, который случайно пришелся на то же самое значение скачкообразного изменения, что и в виртуальном канале приемника вызова. Использование адреса линии связи является достаточно важным вследствие того, что импульсный характер трафика может привести к пустым временным интервалам, которые случайным образом могут оказаться заполненными другими линиями связи, и вследствие того, что могут иметь место ситуации с ближним/дальним местонахождением, при которых мешающий пакет полностью вытесняет полезный пакет.

Передача речи не представляет проблем в данной системе ввиду того, что обеспечена синхронная линия связи. Если речь является частью информационного потока, то речевой пакет будет передаваться в каждом кадре дуплексного режима с временным разделением. Случайные конфликтные ситуации могут преодолеваются с использованием методов восстановления в приемнике вызова или они могут игнорироваться. Последний подход требует применения более помехоустойчивых методов кодирования речи, подобно непрерывной дельта-модуляции с переменной крутизной.

Применяется схема запроса автоматической повторной передачи (ЗАПП), при которой об успешной или безуспешной передаче пакета в кадре дуплексного режима с временным разделением (ДВР) информируют непосредственно в следующем кадре ДВР. Таким путем по протоколу ЗАПП затрачивается минимальный спектр: повторно передаются только безуспешно переданные пакеты. Кроме того, минимизированы ожидание и перегрузка (в рассматриваемом примере осуществления схема ЗАПП требует только двух битов в заголовке пакета). Реализация схемы ЗАПП может быть осуществлена непосредственно аппаратными средствами и предпочтительно сосредоточено очень близко к физическому уровню в протоколе связи.

Звездообразная топология и схема опроса для доступа, соответствующие настоящему изобретению, являются следствием определения пикосети и жесткой временной синхронизации в виртуальном канале. Если два подчиненных устройства должны осуществлять связь непосредственно одно с другим, то создается дополнительная сеть, над которой исходное ведущее устройство не имеет непосредственного контроля. Одно из подчиненных устройств смещает свою кадровую синхронизацию (ДВР) на половину

кадра. Это подчиненное устройство не может больше прослушивать ведущее устройство (оно действует в качестве ведущего устройства в новой пикосети), и первоначальное ведущее устройство не может прослушивать подчиненное устройство. Хотя для пикосети используется единственный (виртуальный) канал, распределенный контроль не возможен вследствие применяемой жесткой временной синхронизации.

Для получения возможности соединения с устройством, важно знать его адрес. В обычных локальных сетях (включая традиционные беспроводные локальные сети) эти адреса обычно известны всем участникам локальной сети. Поскольку все устройства уже соединены друг с другом, устройства могут просто устанавливать линии связи с использованием надлежащих адресов при передаче сообщения. Нет необходимости устанавливать соединение. Устройство, которое распознает свой адрес, просто принимает сообщение, в то время как все другие устройства игнорируют его.

Поскольку рассредоточенная сеть устанавливается на произвольной основе, устройства не знают заранее все адреса соседних устройств. Для решения этой проблемы и в соответствии с другим аспектом изобретения предусматривается процедура запроса, которая позволяет устройствам получить адреса ближних устройств. Процедура запроса весьма сходна с процедурой направления поискового вызова. Вместо пейджингового сообщения передается сообщение запроса с высокой частотой повторения на различных значениях скачкообразного изменения. В примере осуществления сообщение запроса представляет собой 64-битовый код, предписывающий приемнику вызова сообщить о своих параметрах устройства. Подобно адресу, код запроса определяет, например, 32 различных значения скачкообразного изменения для запроса и последовательность скачкообразного изменения для запроса. Устройства, которые принимают сообщение запроса, передают в ответ одиночный пакет, включающий адрес приемника вызова, системный тактовый сигнал приемника вызова и его класс обслуживания (например, является ли устройство принтером, дорожным компьютером, базовой станцией и т.п.). Устройства могут случайным образом выбирать ответное значение скачкообразного изменения в последовательности скачкообразного изменения для запроса, чтобы избежать конфликтных ситуаций. Запрашивающее устройство собирает все отклики и формирует список кодов и смещений тактовых сигналов для устройств, которые находятся в пределах дальности действия. Эта информация может затем использоваться, если желательно установление соединения. Поскольку устройства являются подвижными, процедура запроса может повторяться периодически, так чтобы список мог обновляться по мере необходимости.

Вышеописанная процедура позволяет устройству собрать всю информацию, необходимую ему для установления пикосети с устройствами, которые находятся в

пределах дальности действия. Однако в некоторых случаях устройству может потребоваться установить соединение с устройством, находящимся за пределами дальности действия (т.е. слишком удалено для осуществления прямой радиосвязи между устройствами). В соответствии с другим аспектом изобретения эта проблема решается с использованием промежуточного устройства, которое находится в пределах дальности действия как устройства-источника, так и устройства-адресата. В возможном варианте осуществления промежуточное устройство действует как ведущее устройство в конфигурации соединения от точки к множеству точек и ретранслирует информацию между двумя устройствами, которые не имеют возможности непосредственного соединения. Данный вариант осуществления приведен на фиг.6а, на которой представлены устройства А и В, находящиеся за пределами дальности действия. Третье устройство С находится в пределах дальности действия обоих устройств А и В и используется в качестве ведущего устройства. Устройства А и В являются подчиненными устройствами в этой одиночной пикосети 601.

В альтернативном варианте, показанном на фиг.6b, промежуточное устройство, находящееся в пределах дальности действия двух других устройств, действует как мост между устройством-источником и устройством-адресатом. Мост представляет собой более сложное устройство, имеющее возможность соединения с двумя пикосетями. Как показано на фиг.6b, устройства А и В, которые находятся за пределами дальности действия относительно друг друга, принимают участие в различных пикосетях 603 и 605. Мост С принимает участие в каждой из пикосетей 603 и 605. Так как две пикосети 603 и 605 некоординированы, мост С по существу содержит два приемопередающих устройства, каждое из которых принимает участие в различной одной из сетей 603 и 605. Внутри моста С информация передается вперед и назад между двумя приемопередатчиками. Так как мост С использует два виртуальных канала (две пикосети) вместо одной, он обеспечивает более высокую пропускную способность между устройствами А и В, чем пропускная способность конфигурации соединения от точки к множеству точек по фиг.6а.

Для обеспечения установления мостовой конфигурации в системе необходим более сложный процесс запроса для обеспечения возможности каждому устройству определить адреса не только тех устройств, которые находятся в пределах дальности действия, но и адреса тех устройств вне дальности действия, которые находятся в пределах дальности действия доступных устройств-мостов. Этот более сложный процесс запроса описан ниже более детально. Для данного изложения отмечается лишь, что если необходимо установить соединение с устройством, которое находится вне дальности действия, устройство-источник сначала устанавливает соединение с ведущим устройством или устройством-мостом, которое находится в пределах дальности действия устройства-источника. Как только соединение

установлено, устройство-источник выдает команду ведущему устройству или устройству-мосту устанавливать последующее соединение со следующим мостом или с конечным адресатом. Как только ведущее устройство или устройство-мост установит два соединения, оно просто ретранслирует всю приходящую информацию пользователей. Информация управления, однако, обрабатывается отдельным образом.

Использование промежуточных устройств для установления соединений зависит, разумеется, от расстояний на местности и дальности действия отдельного устройства. Дальность радиосвязи устройства может быть ограничена, поскольку это связано с экономичной и эффективной реализацией и с низким потреблением питающей мощности. Более высокие уровни питающей мощности привели бы к увеличению дальности действия и упростили возможности установления соединений в беспроводных локальных сетях. Однако следует отметить, что уровни мощности также влияют на пропускную способность системы в целом. При использовании низких уровней питающей мощности ограниченная дальность действия означает, что пикосети, разделенные достаточно большим расстоянием на местности, совсем не будут создавать взаимных помех друг другу, так как мощность взаимных помех будет ниже, чем уровень чувствительности приемника.

Что касается процесса запроса, посредством которого устройства определяют адреса других устройств, с которыми они желают осуществлять связь, то возникают две проблемы, если необходимо поддерживать функцию устройства-моста, а именно:

1) Если адресат находится за пределами дальности действия, каким образом устройство-источник может установить его существование?

2) Как определяется адрес устройства-адресата, если он не может быть определен как непосредственный результат процедуры запроса, осуществляемой устройством-источником?

Для решения этих двух проблем объем информации, передаваемый в процессе запроса, увеличивается по сравнению с тем, что было указано выше. Т.е. в дополнение к собственному адресу устройства и его классу обслуживания, устройство, принимающее сообщение запроса, также обеспечивает запрашивающее устройство всеми адресами и классами обслуживания устройств, которые доступны для запрашивающего устройства. Эта информация будет собираться в запрашиваемом устройстве в предшествующей процедуре запроса, выполняемой запрашиваемым устройством. Таким путем определяются не только все устройства в пределах дальности действия запрашивающего устройства, но и все устройства в пределах дальности действия этих запрашиваемых устройств. Устройство-источник может затем соединяться с устройством-адресатом, которое находится за пределами дальности действия через промежуточные устройства-мосты, адреса которых могут быть определены. Эта процедура может повторяться, причем запрашиваемое устройство не только обеспечивает свой

собственный список адресов, но и список адресов, принимаемых от других устройств, которые они получают в течение их собственных сеансов запроса. Таким путем устройство может составить все списки, идентифицирующие все устройства в данной области, которые имеют возможность соединения друг с другом как непосредственно, так и косвенным путем (например, через устройства-мосты). С помощью списков устройство-источник может классифицировать устройства в соответствии с кольцами "связности". Устройства, принадлежащие ко второму кольцу связности, могут быть доступны только с учетом кольца связности через мост (или иное промежуточное устройство) в первом кольце связности. Устройства в третьем кольце связности могут быть доступны с применением двух устройств-мостов, одно из которых находится в первом кольце связности, а второе устройство - во втором кольце связности (причем оно находится в первом кольце связности первого устройства-моста).

Для установления соединения с устройством-адресатом, устройство-источник анализирует списки адресов с кольцами связности и использует алгоритм слежения по дереву для определения того, какие из устройств должны использоваться в качестве устройств-мостов. Соединение с адресатом затем устанавливается путем последовательного установления соединения сначала от устройства-источника к первому устройству-мосту, затем от первого устройства-моста к второму устройству-мосту и так далее, пока последнее устройство-мост не будет соединено с устройством-адресатом.

Процедура запроса поясняется ниже со ссылками на пример конфигурации, представленной на фиг. 7. Одноранговые устройства 1,...,10 находятся в локальной области. Каждое устройство показано узлом и номером. Потенциальные соединения могут быть установлены между определенными устройствами, как показано пунктирными линиями. Можно видеть в данном примере, что не все устройства могут непосредственно соединяться друг с другом. Например, устройство 9 находится в зоне действия устройств 2, 8 и 10 и поэтому может соединяться с ними, но не может соединяться с другими устройствами 1, 3, 4, 5, 6 и 7. Это может быть вызвано дополнительными потерями распространения (затенением радиоволн) или иными условиями, которые блокируют возможные соединения радиосвязи. При ширококонтинентальной передаче запроса устройство 9 получит ответ от устройств 2, 8 и 10, которые сообщают свои адреса и классы обслуживания. Следовательно, список адресов "первого порядка" в устройстве 9 будет иметь вид {2, 8, 10}. Это адреса устройств в первом кольце связности устройства 9. (Разумеется, устройство 9 также сохраняет списки другой информации, такой как классы обслуживания, для соседних устройств. Для простоты вся такая информация условно обозначается далее в обобщенном виде как адреса.) В дополнение к их собственным адресам, каждое устройство 2, 8 и 10 сообщает устройству 9 свой соответствующий список адресов первого порядка. Эти списки,

разумеется, включают адрес устройства 9, если устройство 9 находится в данной локальной зоне достаточно длительное время, чтобы принять запрос и ответить на запрос от этих устройств. Например, устройство 2 выдаст свой список адресов первого порядка, включающий устройства 1, 3, 6, 7 и 9. С использованием списков адресов, полученных от устройств 2, 8 и 10, устройство 9 может сформировать список адресов второго порядка, который включает все устройства в списках первого порядка от других устройств, не охватываемые списком адресов первого порядка устройства 9 и исключаящие само устройство 9.

Сравнивая список адресов {1, 3, 6, 7, 9} первого порядка устройства 2 со списком адресов {2, 8, 10} первого порядка устройства 9, можно видеть, что список адресов второго порядка для устройства 9 будет по меньшей мере включать устройства 1, 3, 6 и 7. С использованием списков адресов первого порядка устройств 8 и 10 окончательный список адресов второго порядка для устройства 9 будет иметь вид: {1,3,6,7}. Ясно, что эту процедуру можно расширить на большее количество удаленных устройств, т.е. устройства могут выдавать свои списки второго порядка устройству 9, которые затем будут использоваться в качестве основы для формирования списка адресов третьего порядка, и т.д.

Эта расширенная процедура запроса иллюстрируется на фиг.8, на которой список адресов i-го порядка произвольного j-го устройства обозначен как L(i, j). На фиг. 8 рассматриваются только списки адресов, необходимые для устройства 9. Устройство 9 имеет список адресов первого порядка L(1,9) = {2, 8, 10}. Устройства 2, 8 и 10 сами имеют списки адресов первого порядка L(1, 2), L(1, 8), L(1,10), как показано на чертеже. Списки L(1, 2), L(1, 8), L(1,10) передаются к устройству 9 соответствующими устройствами 2, 8 и 10 в ответ на запрос устройства 9. Из этих списков устройство 9 может само сформировать список второго порядка L(2, 9) путем слияния списков L(1, 2), L(1, 8), L(1,10) и удаления ссылок на самого себя, а также ссылок на другие устройства, уже включенные в его список первого порядка L(1,9). В данном примере это приводит к получению списка второго порядка L(2, 9) = {1, 3, 6, 7}. К устройствам, идентифицированным в этом списке, для устройства 9 отсутствует прямой доступ, но имеется возможность доступа к ним с помощью одного устройства-моста. Таким образом, устройства, перечисленные в списке L(2, 9), образуют второе кольцо связности, как это наблюдается из места расположения устройства 9.

Вышеописанную процедуру можно расширить еще дальше, так как устройства 2, 8 и 10 могут сформировать списки адресов второго порядка L(2, 2), L(2, 8), L(2,10) и передать эти списки устройству 9. После слияния и фильтрации этих списков устройство 9 может получить список третьего порядка L(3, 9) = {4, 5}. С использованием списков, показанных на фиг.8, можно сформировать дерево связности, которое включает в себя возможные соединения. Дерево связности 901 для устройства 9 показано на фиг.9. Каждый узел в дереве

связности 901 представляет конкретное одно из устройств 1,..., 10, а ветвь представляет возможное соединение. На вершине дерева связности 901 находится устройство, для которого построено это дерево, в данном примере устройство 9.

Дерево связности может формироваться просто с учетом всех списков адресов первого порядка и с соблюдением правила, что кольцо связности более высокого порядка не может включать устройства, уже встречавшиеся в кольцах связности более низкого порядка, чтобы исключить за цикливания.

Вышеописанный способ расширения запроса и формирование дерева связности, как показано для примера на фиг.9, позволяя каждому устройству-источнику отыскивать кратчайший маршрут (с использованием минимального количества устройств-мостов) до устройства-адресата. Однако этот способ не учитывает тот факт, что некоторые устройства могут оказаться не в состоянии функционировать в качестве мостов или могут в текущий момент быть заняты, т. е. не обеспечивать ресурсы радиосвязи, необходимые для ретрансляции информации между другими устройствами. Поскольку они работают на батарейном питании, обычно предпочтительно, чтобы портативные устройства не использовались в качестве устройств-мостов. Поэтому устройство-источник может оказаться не в состоянии использовать кратчайший маршрут. В этом случае вышеописанный способ обеспечивает слишком малое количество информации.

Для того чтобы решить эту проблему, предложен альтернативный вариант, описанный ниже, который позволяет использовать другую структуру дерева. Как показано на фиг. 10, устройство 10 имеет возможность использовать только списки адресов первого порядка для создания второго дерева связности 1001. Как и в случае первого дерева связности 901, устройство 9 находится на вершине дерева связности 1001. Имеется три устройства, которые могут быть связаны с устройством 9 непосредственно, а именно устройства 2, 8 и 10. Эти устройства 2, 8 и 10 образуют первое кольцо связности 1003. В данном обсуждении, отношение между данным устройством и другими устройствами, с которыми оно может связываться "непосредственно, будет называться отношением порождающего элемента (родителя) и порождаемого элемента (потомка). Таким образом, например, устройство 9 является порождающим элементом, а элементы 2, 8 и 10 являются его порождаемыми элементами. Эти порождаемые элементы, рассматриваемые в свою очередь как порождающие, могут иметь свои собственные порождаемые элементы и т.д.

Каждый порождающий элемент знает свои порождаемые элементы из своего списка адресов первого порядка. Для построения дерева связности, такого как второе дерево связности 1001, необходимо знать только список адресов первого порядка. Желательно сократить размер дерева путем удаления всех излишних узлов и ветвей. Для выполнения этого, применяются следующие правила:

1) порождаемые элементы (т.е. "дети", "внуки", "правнуки" и т.д.) порождающего

элемента ("родителя") не могут иметь то же самое имя (например, адрес устройства), что и имя порождающего элемента;

2) порождаемые элементы порождаемого элемента "родителя" не могут иметь то же самое имя, что и имя одного из порождаемых элементов данного "родителя";

3) любой порождаемый элемент "родителя" не может иметь то же самое имя, что и имя других порождаемых элементов этого "родителя".

Второе дерево связности 1001 является результатом соблюдения этих правил в отношении устройств, приведенных для примера на фиг.7. Например, рассмотрим любое появление устройства 5 в третьем кольце связности 1007. Как можно видеть из фиг.7, список связности первого порядка устройства 5 имеет вид $L_1, 5) = \{4, 6\}$. Однако если бы устройству 5 было позволено иметь порождающий элемент в виде устройства 4 в четвертом кольце связности 1009, то это нарушило бы второе правило, поскольку устройство 5, как порождаемый элемент устройства 6, также имело бы "братский" элемент (т.е. другой порожденный объект "родителя" 6), идентифицированный как устройство 4.

Также, если бы устройству 5 было позволено иметь порожденный элемент в виде устройства 6 в четвертом кольце связности 1009, то это привело бы к нарушению первого правила, так как этот порожденный элемент в виде устройства 6 имел бы "предка" (во втором кольце связности 1005), который также идентифицирован как устройство 6.

Таким образом, дерево не может быть расширено в любом из узлов, представляющих устройство 5 в третьем кольце связности 1007. Однако имеются также узлы, представляющие устройство 5 в четвертом кольце связности 1009, так как такое их расположение не нарушает никакое из правил.

Дерево строится из списков связности первого порядка и сокращается согласно двум правилам, определенным выше, до тех пор, пока ни один новый узел не сможет быть больше добавлен. В этот момент построение дерева закончено, и вся имеющаяся информация связности представлена в соответствующем устройстве.

Ясно, что второе дерево связности 1001, такое как показано на фиг.10, может быть сформировано в соответствующем устройстве (например, в устройстве 9), если это устройство приняло все списки адресов первого порядка. Для облегчения сбора этой информации, устройство, которое принимает запрос, предпочтительно отвечает на него не только своим списком адресов первого порядка, но и списками адресов первого порядка каждого другого узла, который ему известен. Ясно также, что каждое устройство может формировать сходное дерево со своим собственным адресом на вершине.

Можно видеть, что первое, второе и третье кольца связности 903, 905 и 907 первого дерева связности 901 (фиг.9) идентичны первому, второму и третьему кольцам связности 1003, 1005, 1007 второго дерева связности 1001 (фиг. 10). Однако второе дерево связности 1001 отличается от первого дерева связности 901 тем, что оно имеет

дополнительное кольцо связности, а именно, четвертое кольцо связности 1009. Причиной того, что во втором дереве связности 1001 появляется это четвертое кольцо связности 1009 (и, следовательно, второе дерево связности 1001 содержит больше информации, чем первое дерево связности 901) является то, что критерии сокращения, которые были применены к построению второго дерева связности 1001, не предусматривали минимизации числа колец связности.

Как только дерево связности определено в устройстве, связность становится известной, так как для каждого устройства, отображенного на дереве, известен адрес и маршрут его достижения. Кроме того, так как класс обслуживания каждого устройства известен, то возможности всех устройств полностью известны.

Для установления соединения к устройству в составе дерева, устройство, соответствующее вершине дерева (действующее как устройство-источник), может выбрать маршруты в направлении вниз для установления соединения с устройством-адресатом. Могут существовать различные маршруты. Например, предположим, что в примере по фиг.7 устройство 7 желает установить соединение с устройством 6. Возвращаясь к фиг.11, можно видеть из второго дерева связности 1001, что имеется три разных маршрута, которыми можно следовать: первый маршрут 1101, второй маршрут 1103 и третий маршрут 1105. Процедура выбора маршрутов может основываться на любой комбинации следующих факторов:

- число устройств-мостов, которые необходимо использовать для каждого из маршрутов 1101, 1103 и 1105;

- имеют ли промежуточные узлы для каждого из маршрутов 1101, 1103 и 1105 возможность функционирования в качестве устройств-мостов (т.е. имеют ли промежуточные узлы возможность ретрансляции информации в прямом и обратном направлениях при адекватном потреблении мощности питания на выполнение этой функции);

- могут ли устройства-мосты для каждого из маршрутов 1101, 1103 и 1105 обеспечивать скорости передачи данных, желательные для соединения между устройством-источником и устройством-адресатом;

- имеют ли устройства-мосты для каждого из маршрутов 1101, 1103 и 1105 ресурсы радиосвязи, достаточные для поддержки функции ретрансляции;

- число ветвей, исходящих из устройств-мостов для каждого из маршрутов 1101, 1103 и 1105. Чем больше ветвей исходит из узла ветвления, тем больше взаимных помех может обусловить такое устройство-мост по отношению к другим устройствам. И наоборот, чем меньше ветвей исходят от устройства-моста, тем лучше, так как оно будет создавать меньше помех другим устройствам.

Первое условие (т.е. учет числа устройств-мостов на заданном маршруте) может быть проиллюстрировано при сравнении первого, второго и третьего маршрутов 1101, 1103 и 1105. Первый маршрут 1101 (т.е. 9-2-6) и второй маршрут

1103 (т.е. 9-8-6) потребуют каждый одно устройство-мост, в то время как третий маршрут 1105 (т.е. 9-10-1-4-6) потребует трех устройств-мостов. Предполагая, что каждое из устройств-мостов в данном примере может быть использовано в качестве моста с надлежащими характеристиками, предпочтительными будут первый и второй маршруты 1101 и 1103, ввиду меньшего количества требуемых устройств-мостов. Однако если к тому же важно число ветвей, исходящих из устройств-мостов, то второй маршрут 1003 является предпочтительным по отношению к первому маршруту 1101, так как устройство-мост 8 создаст меньше взаимных помех, чем устройство-мост 2. (Этот вывод основан на учете того факта, что из устройства-моста 2 исходят четыре ветви, в то время как из устройства моста 8 - только две ветви.)

Если, однако, устройства 2 и 8 являются портативными устройствами, находятся в состоянии занятости или не могут ретранслировать информацию, то остается только третий маршрут 1105. Заметим, что этот альтернативный маршрут не существует в первом дереве связности 901, которое было сокращено с использованием критерия минимального количества мостов.

Предполагая, что выбран второй маршрут 1103, соединение может быть установлено путем соединения устройства 9 сначала с устройством 8, с запросом к устройству 8 действовать в качестве устройства-моста, и затем установления мостового соединения с устройством 6. Устройство 8 будет затем устанавливать соединение с устройством 6 и затем связывать два соединения с устройствами 6 и 9 для обеспечения второго маршрута 1103 (т.е. 9-8-6).

Выше описана самоорганизующаяся технология беспроводных локальных сетей. Как и в случае стандартных беспроводных локальных сетей, соответствующая изобретению самоорганизующаяся система беспроводных локальных сетей может использовать проводную локальную сеть, по отношению к которой индивидуальные беспроводные устройства образуют беспроводные расширения. Желательность данного подхода зависит от конкретного применения. В экономических применениях, где еще не существует локальных сетей (например, в резидентных применениях), технология автоматического конфигурирования системы (по принципу "включай и работай") на основе самоорганизующейся беспроводной локальной сети с полной беспроводной связностью может оказаться более предпочтительной, чем расчет на проводную инфраструктуру. Как увеличенная дальность действия, так и требуемая пропускная способность могут быть обеспечены без труда путем размещения устройств-мостов в стратегически важных позициях. Если беспроводные устройства обеспечивают более низкую стоимость, то этот подход будет более экономичным, чем использование проводной инфраструктуры. Проводная инфраструктура потребовала бы полной дополнительной локальной сети со всеми ее протоколами и аппаратными средствами. Даже если использовать дешевую среду передачи, подобно линиям питания или

телевизионным кабелям, то все равно остается инфраструктура, требуемая для передачи информации через эту среду. Обязательно необходимо будет устройство преобразования для сопряжения областей проводной локальной сети и беспроводной локальной сети. Такое сопрягающее устройство преобразования вероятно будет не дешевле, чем чисто беспроводный мост, обеспечиваемый двумя беспроводными приемопередатчиками.

Еще один вопрос связан с беспроводным расширением существующей проводной локальной сети. Одно или несколько беспроводных устройств могут действовать в качестве фиксированных частей в пределах беспроводной локальной сети. Каждое фиксированное беспроводное устройство может устанавливать пикосеть и может действовать в качестве ведущего устройства. (Заметим, что несколько беспроводных устройств могут быть расположены рядом в составе одной и той же фиксированной части.) Протоколы для беспроводных устройств будут действительны только для коммуникаций нижнего уровня. Любые протоколы проводных локальных сетей для расширения их на портативные устройства должны обрабатываться на более высоких уровнях; т.е. беспроводная часть локальной сети должна быть прозрачной для них. Помимо соединений с фиксированными пунктами, портативные беспроводные блоки в пределах дальности действия могут всегда устанавливать произвольную сеть между собой. Это разгружает проводные локальные сети и увеличивает пропускную способность, поскольку промежуточное устройство (например, фиксированная часть) не требуется, если соединение может быть установлено напрямую.

Пример осуществления системы, реализующей различные признаки, соответствующие изобретению, будет описан ниже со ссылками на фиг.12. Показаны два беспроводных устройства: первое устройство, обозначенное как ведущее устройство 1201, и второе устройство, обозначенное как подчиненное устройство 1203. Каждое из этих устройств показано как содержащее только те средства, которые необходимы для выполнения показанных функций, связанных с соответствующим назначением ведущего и подчиненного устройств. Следует иметь в виду, однако, что распределение функций как исключительно для ведущего устройства и исключительно для подчиненного устройства использовано лишь для облегчения пояснения изобретения, и изобретение охватывает и такие варианты устройств, которые включают все необходимые компоненты для выполнения функций ведущего и подчиненного устройств. Кроме того, следует отметить, что показаны только те компоненты, которые непосредственно относятся к изобретению. Однако специалистам в данной области техники должно быть понятно, что ведущее и подчиненное устройства включают и дополнительные компоненты, такие как приемопередатчики и т.п., которые хорошо известны и которые необходимы для осуществления беспроводной связи в соответствии с изобретением.

С ведущим устройством 1201 связан адрес

1205 ведущего устройства, который представляет собой код, уникальным образом идентифицирующий это устройство в системе. Ведущее устройство 1201 также включает в себя генератор 1207 тактового сигнала ведущего устройства.

Для того чтобы иметь возможность установить соединения, ведущее устройство 1201 должно знать адреса других устройств, с которыми может быть установлено соединение. Для выполнения этой функции ведущее устройство 1201 включает в себя средство запроса 1209, которое функционирует в качестве средства для передачи сообщений запроса, как описано выше. Средство запроса 1209 также принимает ответы (информацию 1211 об адресах и топологии) и упорядочивает их в соответствии с методами построения дерева связности, как описано выше.

Подчиненное устройство 1203 также связано с адресом 1213 подчиненного устройства и также включает в себя генератор 1215 тактового сигнала подчиненного устройства, который не должен быть обязательно синхронизирован с ведущим устройством 1201. Для того чтобы иметь возможность ответа на запросы от ведущего устройства 1201, подчиненное устройство включает в свой состав средство ответа 1217, функцией которого является распознавание принимаемых запросов и формирование и передача соответствующего ответа назад к ведущему устройству 1201. Как указано выше, ответ может содержать не только адрес 1213 подчиненного устройства, но и другую информацию, такую как класс обслуживания подчиненного устройства и текущий отсчет тактового сигнала подчиненного устройства.

Для того чтобы ведущее устройство 1201 могло установить соединение с подчиненным устройством 1203, оно дополнительно снабжено средством поискового вызова 1219, которое передает пейджинговые сообщения, как описано выше. Пейджинговое сообщение содержит адрес подчиненного устройства, информация о котором получена от средства запроса 1209. (Разумеется, если топология требует, чтобы соединение было установлено через узел-мост (не показано), то пейджинговое сообщение должно включать в себя адрес узла-моста.) В одном из вариантов пейджинговое сообщение может включать в себя запрос на установление соединения с подчиненным устройством 1203. В другом варианте пейджинговое сообщение служит только для установления соединения с узлом-мостом. После установления соединения с узлом-мостом ведущее устройство 1201 выдает запрос для моста на установление соединения с подчиненным устройством 1203.

Если подчиненное устройство 1203 не используется, оно находится в дежурном режиме. Соответственно, в подчиненном устройстве 1203 имеется средство 1221 активизации. Средство 1221 активизации включает в себя таймер 1223, который обеспечивает периодическую активизацию подчиненного устройства 1203 для определения того, не предназначается ли принятое пейджинговое сообщение для данного подчиненного устройства 1203. Для этой цели предусмотрен блок 1225 сравнения адресов. Если адрес подчиненного устройства

1213 совпадает с адресом принятого пейджингового сообщения, то средство 1227 ответа в составе средства 1221 активизации генерирует и передает соответствующий ответ назад к ведущему устройству 1201.

Один из аспектов настоящего изобретения заключается в том, что как ведущее устройство 1201, так и подчиненное устройство 1203 используют систему связи со скачкообразным изменением частоты. Вследствие этого подчиненное устройство 1203 активизируется на любой одной из ряда предварительно определенных частот поискового вызова, изменяющихся по скачкообразному закону. Поскольку в ведущем устройстве 1201 не известно точно, на какой из скачкообразно меняющихся частот будет активизировано подчиненное устройство 1203, оно повторно передает пейджинговое сообщение с высокой частотой повторения на различных скачкообразно изменяющихся значениях частоты. Оно использует скачкообразно изменяющиеся значения активизации и последовательность скачкообразного изменения активизации приемника вызова и пытается установить связь с приемником вызова путем передачи пейджингового сообщения на максимальном возможном количестве скачкообразно изменяющихся значений частоты. Последовательность скачкообразно изменяющихся значений активизации генерируется генератором 1229 пейджингового канала в составе средства 1219 поискового вызова. Предпочтительный способ установления связи с устройством, находящимся в дежурном режиме, более полно описан в вышеупомянутой заявке на патент США 08/771692 на "Способ доступа в системе связи со скачкообразным изменением частоты каналов", поданной 23 декабря 1997 на имя Haartsen et al.

После того как соединение установлено, ведущее устройство 1201 передает свой адрес 1205 ведущего устройства и тактовый сигнал 1207 ведущего устройства к подчиненному устройству 1203. Адрес 1205 ведущего устройства и тактовый сигнал 1207 ведущего устройства затем используются для определения виртуального канала со скачкообразным изменением частоты, который должен использоваться для осуществления связи между ведущим устройством 1201 и подчиненным устройством 1203. В ведущем устройстве 1201 средство связи ведущего устройства включает блок 1231 выбора канала, который генерирует скачкообразно изменяющиеся частоты в соответствующие моменты времени, основываясь на адресе 1205 ведущего устройства (который определяет последовательность скачкообразного изменения) и тактовом сигнале 1207 ведущего устройства (который определяет фазу последовательности скачкообразного изменения).

В подчиненном устройстве 1203, аналогичным образом, в состав средства связи 1233 подчиненного устройства включен блок 1235 выбора канала для генерирования скачкообразно изменяющихся частот в соответствующие моменты времени, основываясь на адресе 1205 ведущего устройства (который определяет последовательность скачкообразного

изменения) и тактовом сигнале 1207 ведущего устройства. В предпочтительном варианте осуществления нет необходимости для подчиненного устройства 1203 переустанавливать его тактовый сигнал 1215 подчиненного устройства для обеспечения совпадения с тактовым сигналом ведущего устройства 1201. Вместо этого, когда тактовый сигнал 1207 ведущего устройства впервые принимается подчиненным устройством 1203, то определяется и запоминается разность между тактовым сигналом 1207 ведущего устройства и тактовым сигналом 1215 подчиненного устройства. Затем всякий раз, когда в подчиненном устройстве 1203 необходимо текущее значение тактового сигнала ведущего устройства, оно вычисляется на основе запомненной разности и текущего значения тактового сигнала 1215 подчиненного устройства.

Для того чтобы обеспечить возможность установления соединения более одного подчиненного устройства 1203 с одним и тем же ведущим устройством 1201, подчиненное устройство 1203 дополнительно включает в себя второй блок 1237 сравнения адресов. Как отмечено выше, каждая передача в пикосети включает адрес соответствующего приемника вызова. Поэтому назначением второго блока 1237 сравнения адресов является сравнение принятого адреса адресата вызова с адресом 1213 собственного подчиненного устройства для определения того, является ли оно предназначенным приемником принятой передачи.

Изобретение описано со ссылками на конкретный вариант осуществления. Однако специалистам в данной области техники должно быть понятно, что можно реализовать изобретение в конкретных формах, иных, чем описанные выше предпочтительные варианты осуществления. Это может быть сделано без отклонения от сущности изобретения. Предпочтительные варианты являются просто иллюстративными и не должны рассматриваться как ограничивающие изобретения. Объем изобретения определяется пунктами формулы изобретения, а не приведенным выше описанием, и все варианты и эквиваленты, которые попадают в рамки пунктов формулы изобретения, считаются входящими в его объем.

Формула изобретения:

1. Беспроводная сеть, содержащая ведущее устройство и подчиненное устройство, причем ведущее устройство содержит средство для передачи адреса ведущего устройства к подчиненному устройству, средство для передачи тактового сигнала к подчиненному устройству и средство для осуществления связи с подчиненным устройством посредством виртуального канала со скачкообразным изменением частоты, причем подчиненное устройство содержит средство для приема адреса ведущего устройства от ведущего устройства, средство для приема тактового сигнала ведущего устройства от ведущего устройства и средство для осуществления связи с ведущим устройством посредством виртуального канала со скачкообразным изменением частоты, при этом

последовательность скачкообразного изменения частоты виртуального канала со скачкообразным изменением частоты является функцией адреса ведущего устройства, причем адрес ведущего устройства является уникальным адресом, идентифицирующим устройство, а фаза последовательности скачкообразного изменения частоты виртуального канала со скачкообразным изменением частоты является функцией тактового сигнала ведущего устройства.

2. Беспроводная сеть по п. 1, отличающаяся тем, что ведущее устройство дополнительно содержит средство для передачи сообщения запроса, требующего адреса подчиненного устройства от подчиненного устройства, причем адрес подчиненного устройства является уникальным адресом, идентифицирующим устройство, а подчиненное устройство дополнительно содержит средство для приема сообщения запроса и средство для ответа на сообщение запроса для передачи адреса подчиненного устройства к ведущему устройству.

3. Беспроводная сеть по п. 2, отличающаяся тем, что ведущее устройство дополнительно содержит средство для приема информации об адресе подчиненного устройства и топологии от более чем одного подчиненного устройства и средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии.

4. Беспроводная сеть по п. 3, отличающаяся тем, что ведущее устройство дополнительно содержит средство для использования дерева конфигурации для определения маршрута для соединения между ведущим устройством и подчиненным устройством.

5. Беспроводная сеть по п. 3, отличающаяся тем, что информация об адресе подчиненного устройства и топологии включает собственный адрес от каждого из более чем одного подчиненных устройств и только списки адресов первого порядка от каждого из более чем одного подчиненных устройств, а средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии содержит средство для формирования n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем средство для формирования формирует каждое из колец связности в соответствии с правилом, что кольцо связности с более высоким номером не может включать устройства, представляющие узлы, которые уже были представлены узлом в кольце связности с более низким номером.

6. Беспроводная сеть по п. 3, отличающаяся тем, что информация об адресе подчиненного устройства и топологии включает собственный адрес от каждого из более чем одного подчиненных устройств и только списки адресов первого порядка от каждого из более чем одного подчиненных устройств, а средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии содержит средство для формирования n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем средство для формирования формирует каждое из

колец связности с учетом кольца связности с текущим номером, имеющего порождающие узлы, и включая в кольцо связности со следующим более высоким номером те узлы, представляющие все порождаемые узлы порождающих узлов, которые удовлетворяют следующим правилам: никакой из узлов-потомков не может представлять то же самое устройство, что и представленное порождающим узлом, ни один из узлов-потомков любого порожденного узла порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и любой из порожденных узлов данного порождающего узла, и ни один из порожденных узлов любого порождающего узла не может иметь то же самое имя, что и любой другой порожденный узел упомянутого любого порождающего узла.

7. Способ формирования дерева связности для использования при определении маршрута соединения между беспроводным устройством и любым из числа других беспроводных устройств, включающий следующие этапы: прием первым беспроводным устройством информации об адресе и топологии от каждого из других беспроводных устройств, причем информация об адресе и топологии включает собственный адрес от каждого из других беспроводных устройств и только списки адресов первого порядка от каждого из других беспроводных устройств, и формирование в первом беспроводном устройстве n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем каждое из колец связности формируется в соответствии с правилом, что кольцо связности с более высоким номером не может включать устройства, представляющие узлы, которые уже были представлены узлом в кольце связности с более низким номером.

8. Способ формирования дерева связности для использования при определении маршрута соединения между беспроводным устройством и любым из числа других беспроводных устройств, включающий следующие этапы: прием первым беспроводным устройством информации об адресе и топологии от каждого из других беспроводных устройств, причем информация об адресе и топологии включает собственный адрес от каждого из других беспроводных устройств и только списки адресов первого порядка от каждого из других беспроводных устройств, и формирование в первом беспроводном устройстве n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем каждое из колец связности формируется с учетом кольца связности с текущим номером, имеющего порождающие узлы, и включая в кольцо связности со следующим более высоким номером те узлы, представляющие все порождаемые узлы порождающих узлов, которые удовлетворяют следующим правилам: никакой из узлов-потомков порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и представленное порождающим узлом, ни один из узлов-потомков любого порожденного узла порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и любой из порожденных узлов данного порождающего узла, и ни один из порожденных узлов любого порождающего узла не может иметь то же

самое имя, что и любой другой порожденный узел упомянутого любого порождающего узла.

9. Беспроводная сеть, имеющая рассеянную топологию, содержащая первое ведущее устройство, второе ведущее устройство, первое подчиненное устройство и второе подчиненное устройство, причем первое ведущее устройство содержит средство для передачи адреса первого ведущего устройства к первому подчиненному устройству, средство для передачи тактового сигнала первого ведущего устройства к первому подчиненному устройству и средство для осуществления связи с первым подчиненным устройством посредством первого виртуального канала со скачкообразным изменением частоты, первое подчиненное устройство содержит средство для приема адреса первого ведущего устройства от первого ведущего устройства, средство для приема тактового сигнала первого ведущего устройства от первого ведущего устройства и средство для осуществления связи с первым ведущим устройством посредством первого виртуального канала со скачкообразным изменением частоты, второе ведущее устройство содержит средство для передачи адреса второго ведущего устройства ко второму подчиненному устройству, средство для передачи тактового сигнала второго ведущего устройства ко второму подчиненному устройству и средство для осуществления связи со вторым подчиненным устройством посредством второго виртуального канала со скачкообразным изменением частоты, второе подчиненное устройство содержит средство для приема адреса второго ведущего устройства от второго ведущего устройства, средство для приема тактового сигнала второго ведущего устройства от второго ведущего устройства и средство для осуществления связи со вторым ведущим устройством посредством первого виртуального канала со скачкообразным изменением частоты, при этом первая последовательность скачкообразного изменения частоты первого виртуального канала со скачкообразным изменением частоты является функцией адреса первого ведущего устройства, и адрес первого ведущего устройства является уникальным адресом, идентифицирующим устройство, фаза первой последовательности скачкообразного изменения частоты является функцией тактового сигнала первого ведущего устройства, вторая последовательность скачкообразного изменения частоты второго виртуального канала со скачкообразным изменением частоты является функцией адреса второго ведущего устройства, фаза второй последовательности скачкообразного изменения частоты является функцией тактового сигнала второго ведущего устройства, тактовый сигнал первого ведущего устройства не координирован с тактовым сигналом второго ведущего устройства, первый виртуальный канал со скачкообразным изменением частоты использует тот же самый спектр частот радиосвязи, что и второй виртуальный канал со скачкообразным изменением частоты, причем первый виртуальный канал со скачкообразным изменением частоты отличен от второго виртуального канала со

скачкообразным изменением частоты, что обеспечивает осуществление связи между первым ведущим устройством и первым подчиненным устройством по существу без создания помех осуществлению связи между вторым ведущим устройством и вторым подчиненным устройством.

10. Беспроводная сеть по п. 9, отличающаяся тем, что каждое из упомянутых первого и второго ведущих устройств дополнительно содержит средство для передачи сообщения запроса, требующего адреса подчиненного устройства от первого и второго подчиненных устройств, и каждое из упомянутых первого и второго подчиненных устройств дополнительно содержит средство для приема сообщения запроса и средство для ответа на сообщение запроса для передачи адреса подчиненного устройства к первому и второму ведущим устройствам.

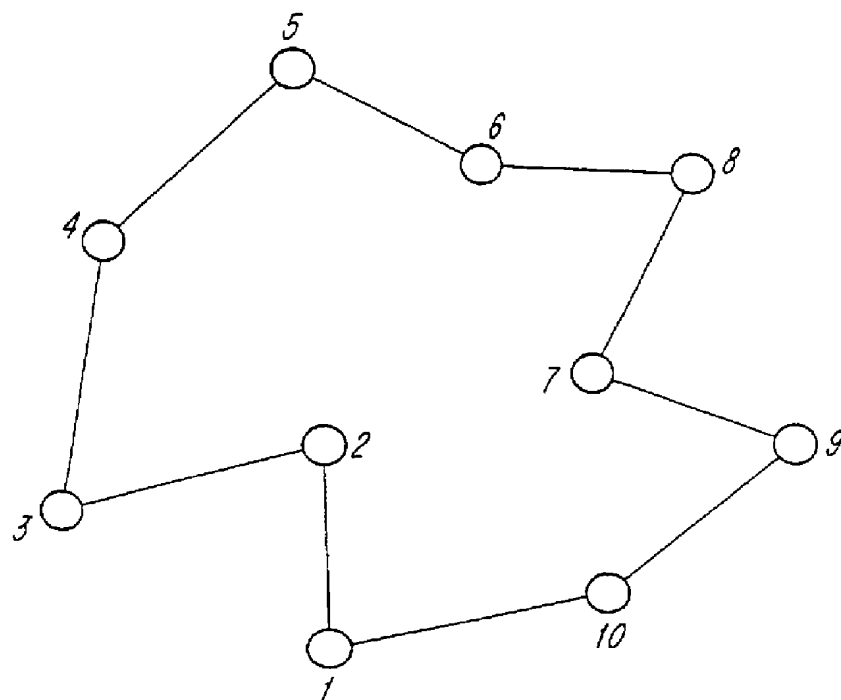
11. Беспроводная сеть по п. 10, отличающаяся тем, что каждое из упомянутых первого и второго ведущих устройств дополнительно содержит средство для приема информации об адресе и топологии от более чем одного подчиненного устройства и средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии.

12. Беспроводная сеть по п. 11, отличающаяся тем, что каждое из упомянутых первого и второго ведущих устройств дополнительно содержит средство для использования дерева конфигурации для определения маршрута для соединения между первым и вторым ведущими устройствами и соответственно первым и вторым подчиненными устройствами.

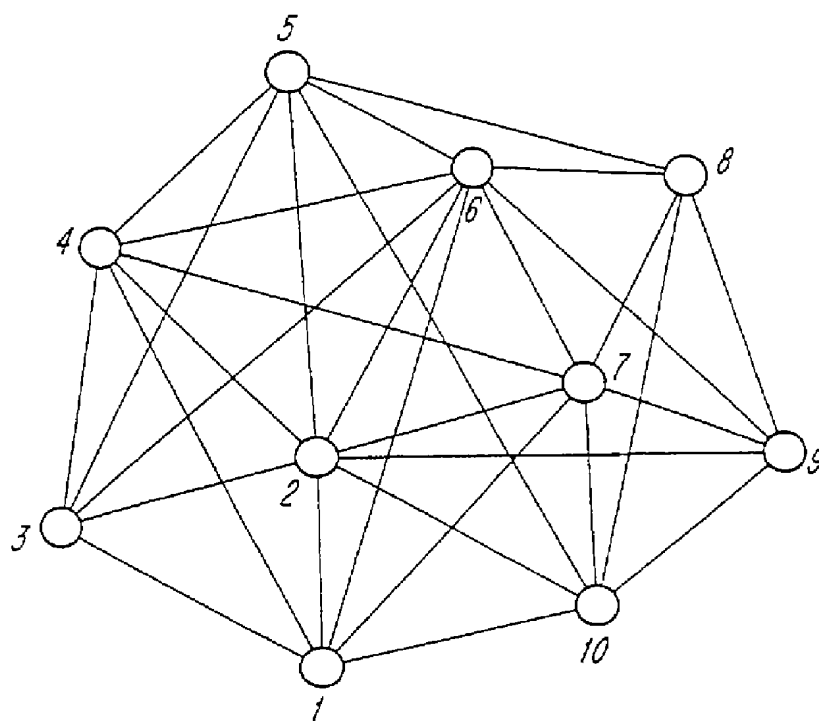
13. Беспроводная сеть по п. 11, отличающаяся тем, что информация об адресе подчиненного устройства и топологии включает собственный адрес от каждого из более чем одного подчиненных устройств и только списки адресов первого порядка от каждого из более чем одного подчиненных

устройств, а средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии содержит средство для формирования n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем средство для формирования формирует каждое из колец связности в соответствии с правилом, что кольцо связности с более высоким номером не может включать устройства, представляющие узлы, которые уже были представлены узлом в кольце связности с более низким номером.

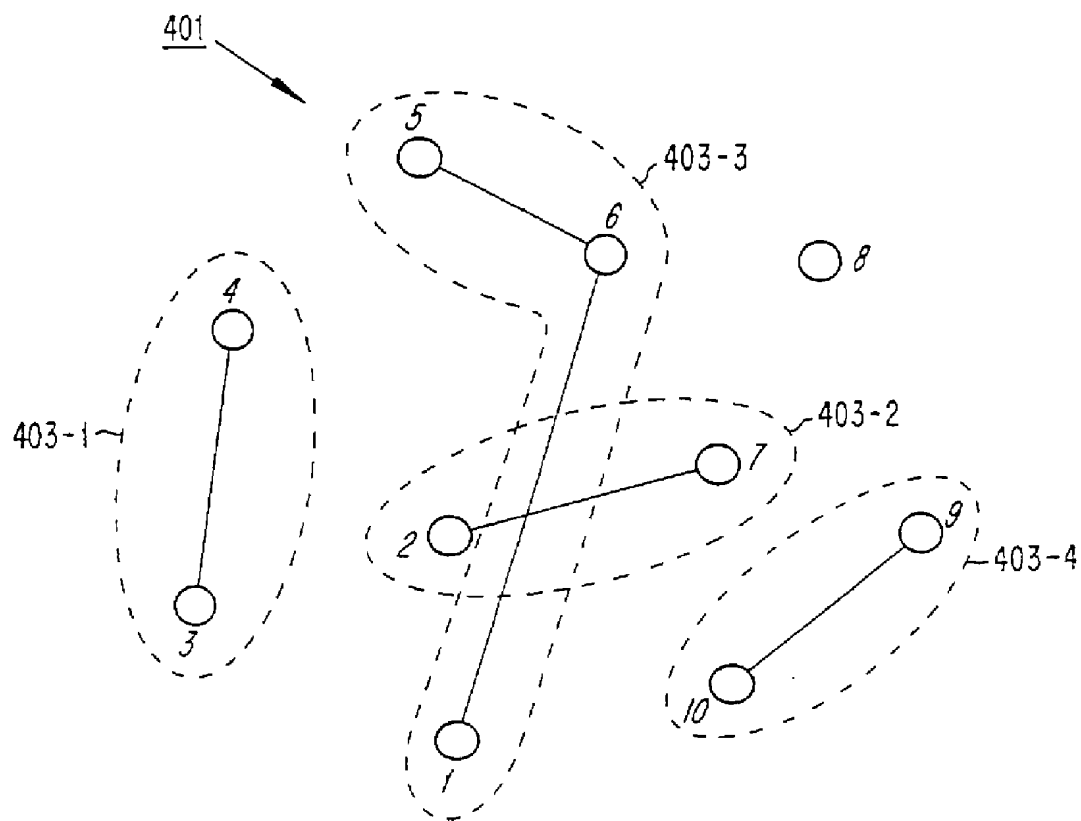
14. Беспроводная сеть по п. 11, отличающаяся тем, что информация об адресе и топологии в беспроводной сети включает собственный адрес от каждого из более чем одного подчиненных устройств и только списки адресов первого порядка от каждого из более чем одного подчиненных устройств, а средство для формирования дерева конфигурации исходя из информации об адресе и топологии содержит средство для формирования n колец связности из списков адресов первого порядка, где n - положительное целое число, причем средство для формирования формирует каждое из колец связности с учетом кольца связности с текущим номером, имеющего порождающие узлы, и включая кольцо связности со следующим более высоким номером, узлы которого представляющие все порождаемые узлы порождающих узлов, удовлетворяют следующим правилам: никакой из узлов-потомков не может представлять то же самое устройство, что и представленное порождающим узлом, ни один из узлов-потомков любого порожденного узла порождающего узла не может представлять то же самое устройство, что и любой из порожденных узлов данного порождающего узла, и ни один из порожденных узлов любого порождающего узла не может иметь то же самое имя, что и любой другой порожденный узел упомянутого любого порождающего узла.



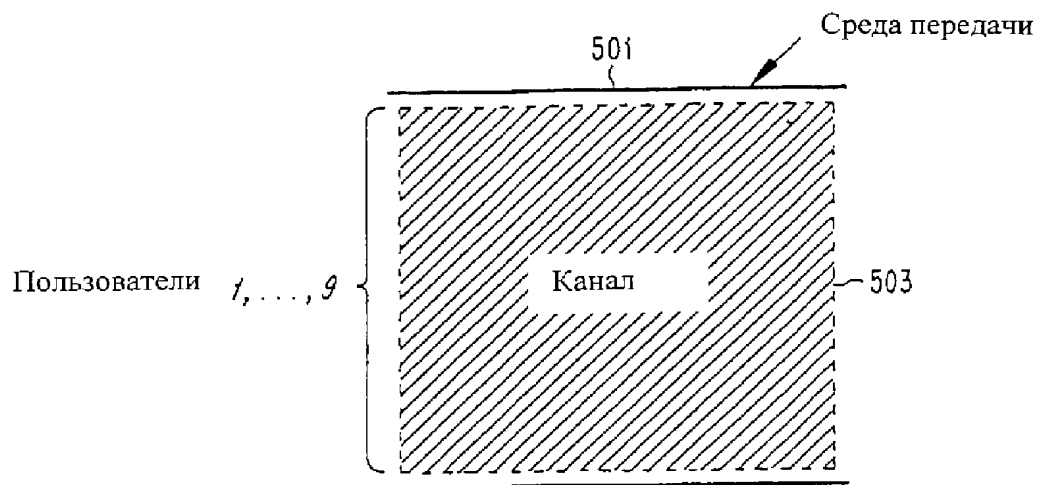
Фиг.2



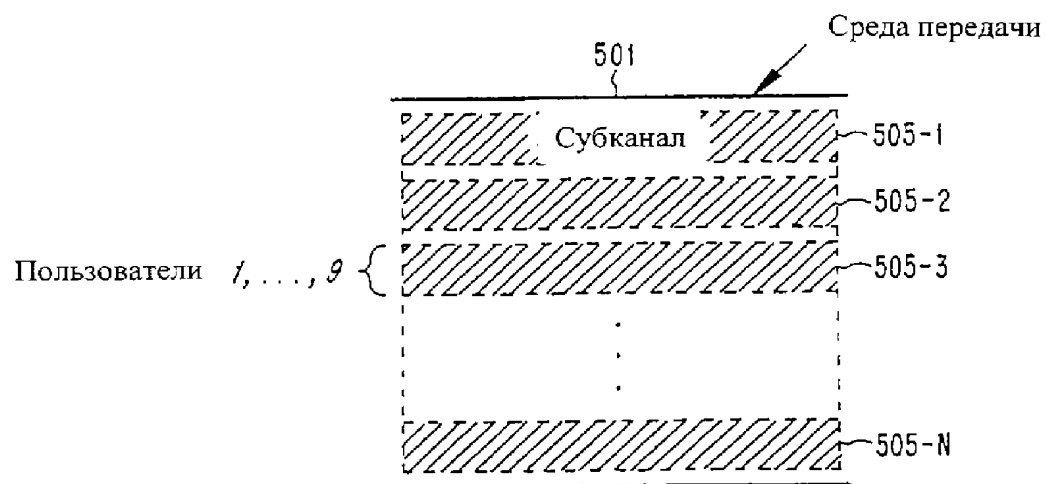
Фиг.3



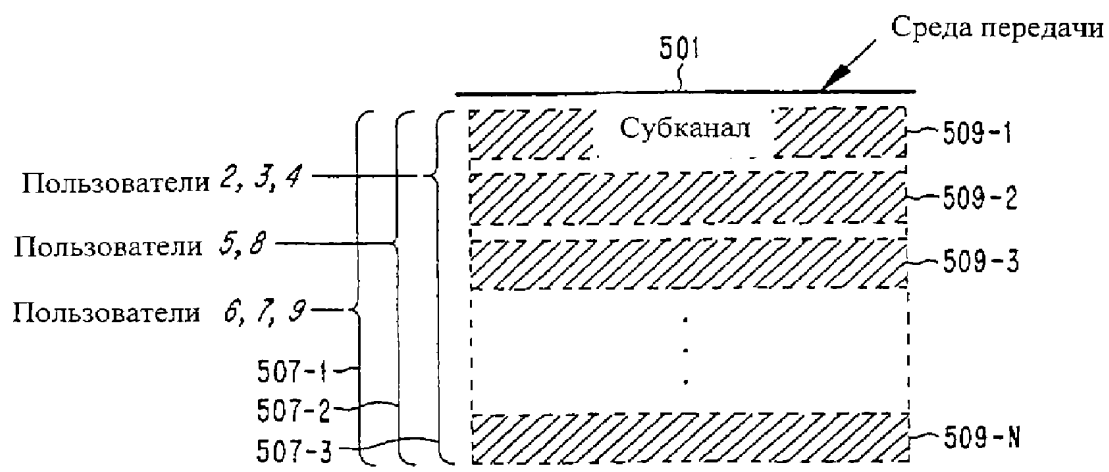
Фиг.4



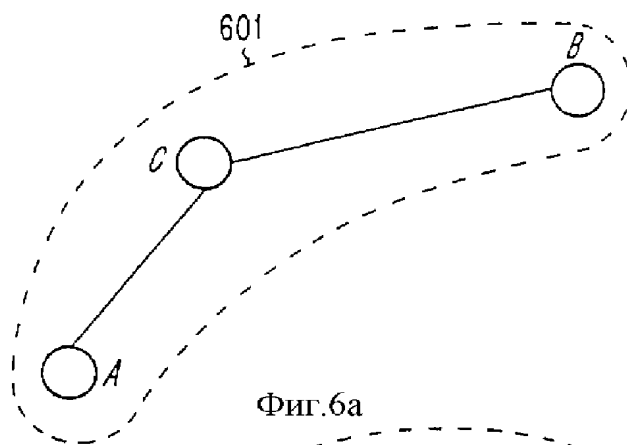
Фиг. 5а



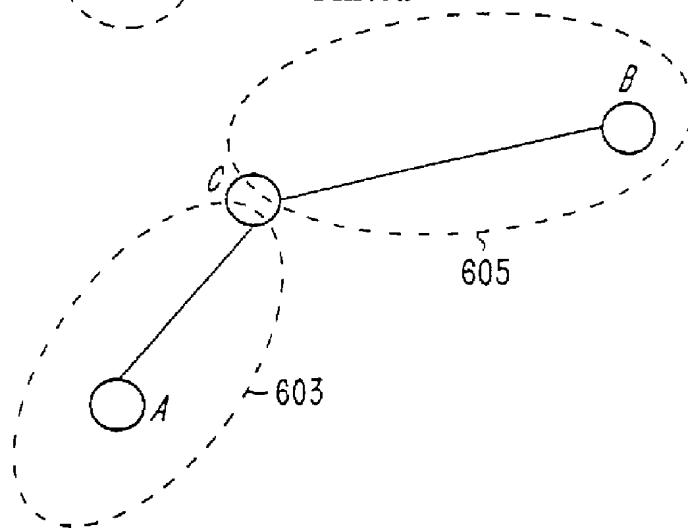
Фиг. 5b



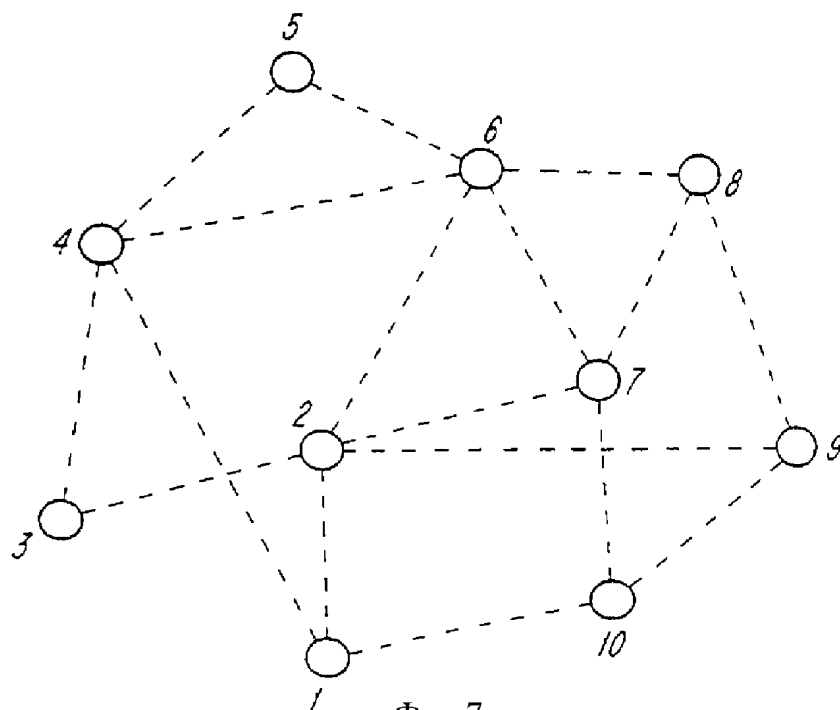
Фиг. 5с



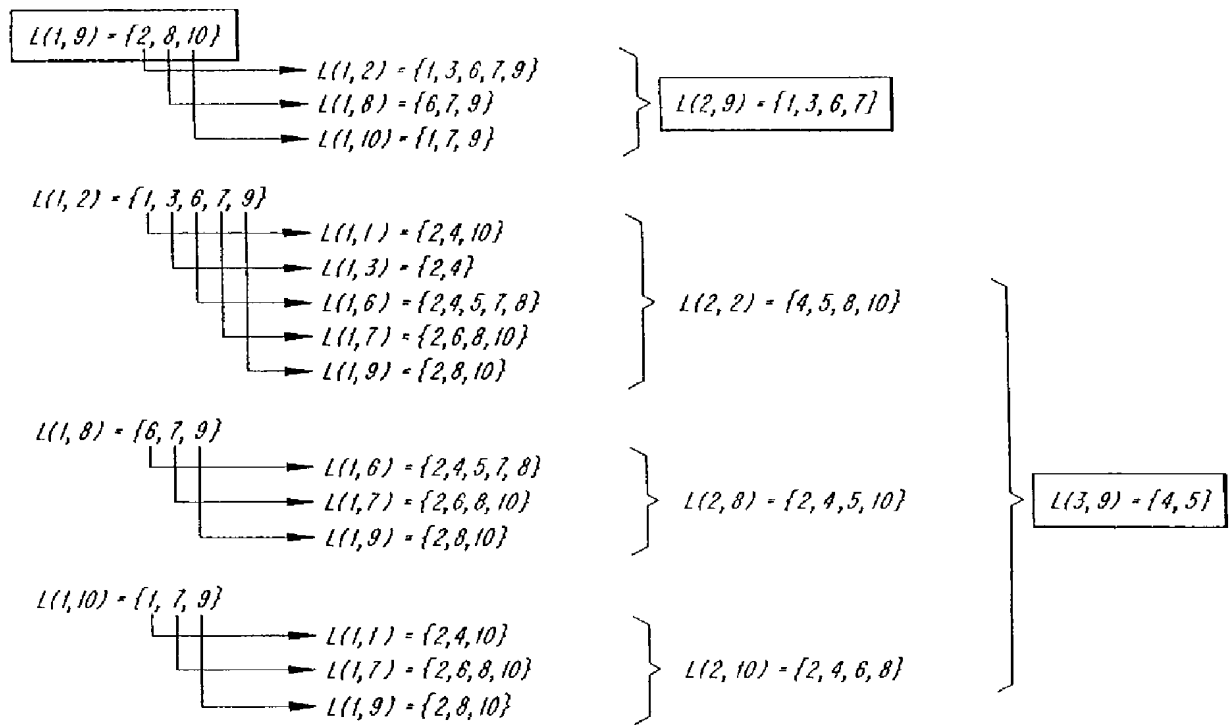
Фиг.6а



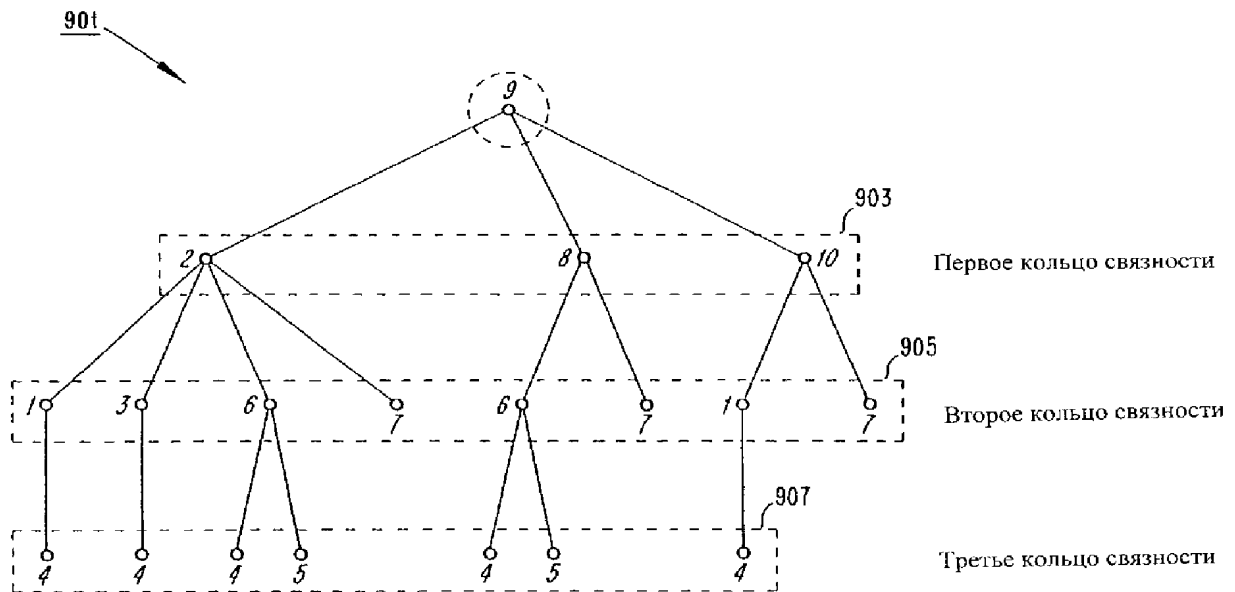
Фиг.6б



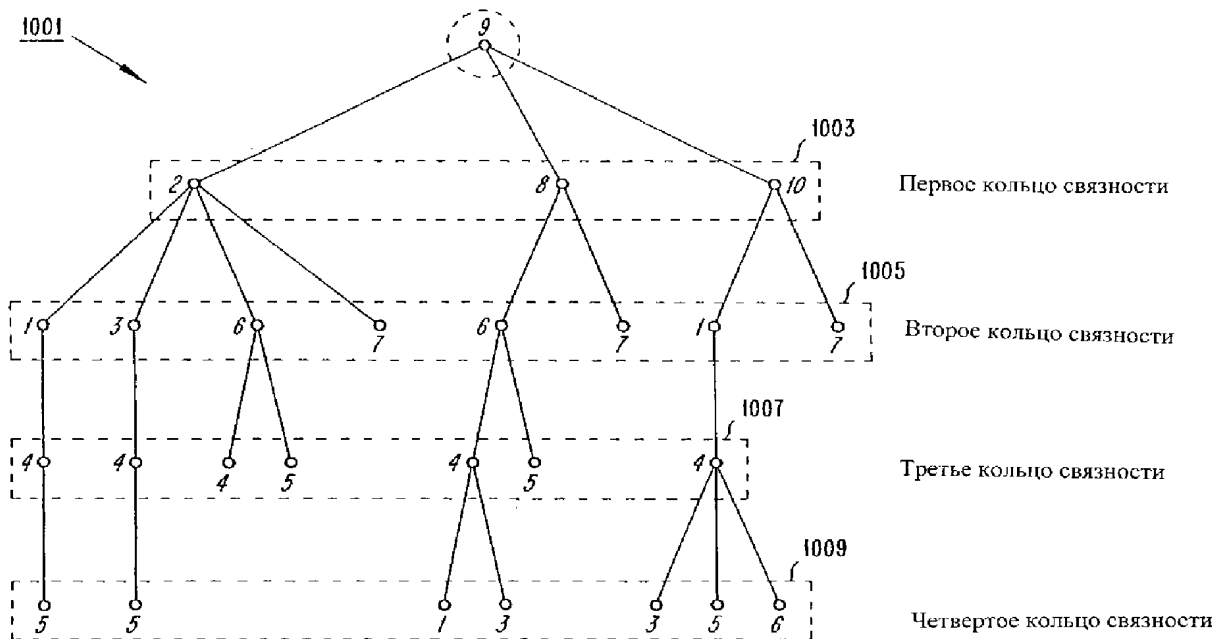
Фиг.7



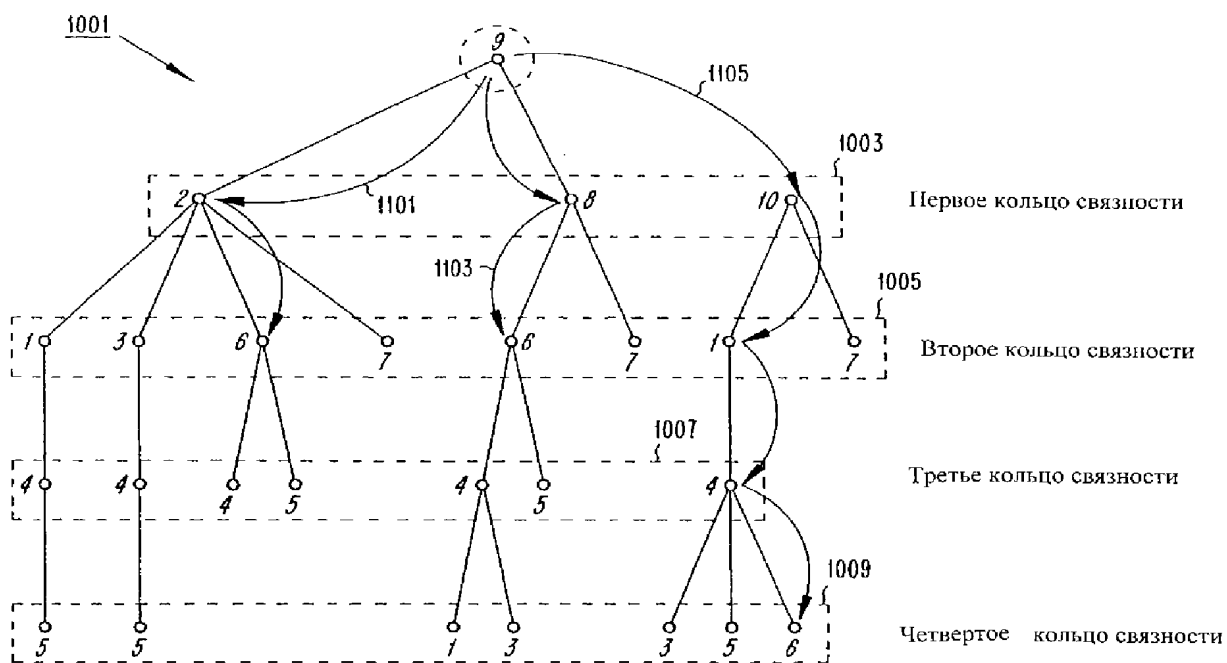
Фиг.8



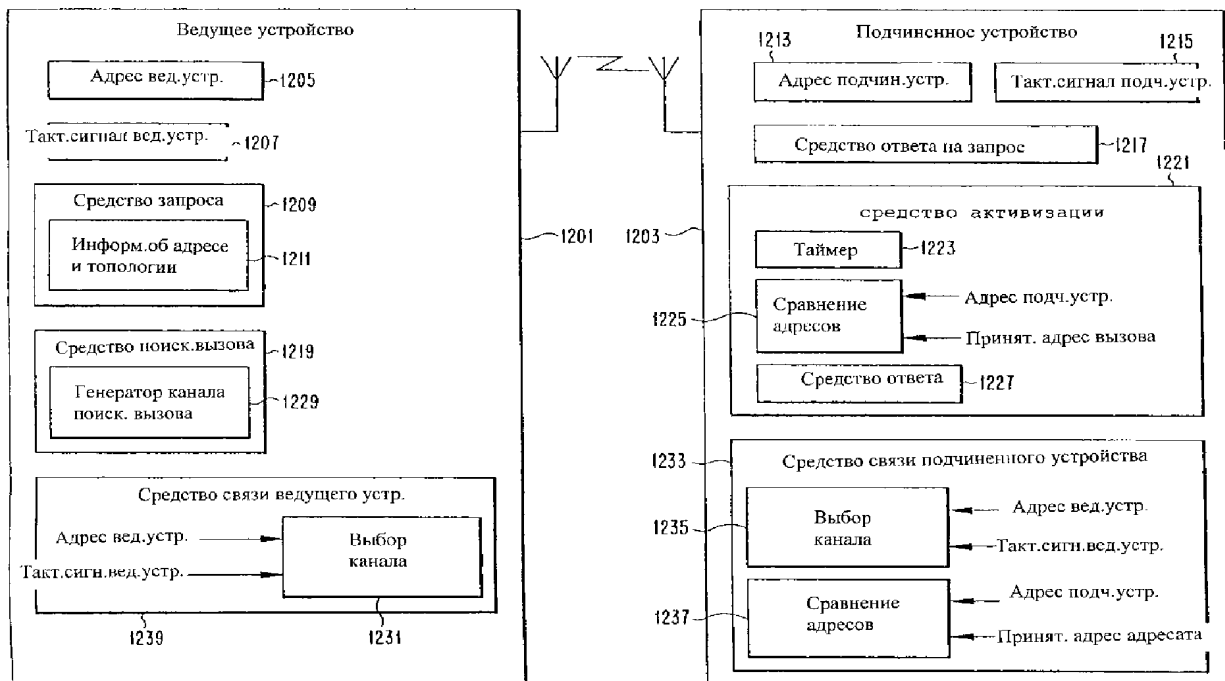
Фиг.9



Фиг.10



Фиг.11



Фиг.12



US006590928B1

(12) **United States Patent**
Haartsen

(10) **Patent No.:** **US 6,590,928 B1**
(45) **Date of Patent:** ***Jul. 8, 2003**

(54) **FREQUENCY HOPPING PICONETS IN AN UNCOORDINATED WIRELESS MULTI-USER SYSTEM**

(75) **Inventor:** **Jacobus Cornelis Haartsen**, Borne (NL)

(73) **Assignee:** **Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ)**, Stockholm (SE)

(*) **Notice:** This patent issued on a continued prosecution application filed under 37 CFR 1.53(d), and is subject to the twenty year patent term provisions of 35 U.S.C. 154(a)(2).

Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 332 days.

(21) **Appl. No.:** **08/932,911**

(22) **Filed:** **Sep. 17, 1997**

(51) **Int. Cl.⁷** **H04L 27/30**

(52) **U.S. Cl.** **375/134; 375/137**

(58) **Field of Search** **375/200, 202, 375/134, 132, 133, 135, 136, 137; 380/34**

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,466,060	A	8/1984	Riddle	
5,274,666	A *	12/1993	Dowdell et al.	375/1
5,287,384	A	2/1994	Avery et al.	
5,412,654	A	5/1995	Perkins	
5,414,731	A	5/1995	Antunes et al.	
5,515,509	A	5/1996	Rom	
5,574,979	A	11/1996	West	
5,729,680	A *	3/1998	Belanger et al.	395/200.1
5,896,375	A	4/1999	Dent et al.	
5,940,431	A	8/1999	Haartsen et al.	

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

EP	0465090	A1	1/1992
EP	0695059	A1	1/1996

OTHER PUBLICATIONS

Matthijs A. Visser, et al., "Voice and Data Transmission over an 802.11 Wireless Network", Proc. of PIMRC '95, Toronto, Sep. 1995, pp. 648-652.

Adriaan Kamerman, "Spread-Spectrum Techniques Drive WLAN Performance", Microwaves & RF, Sep. 1996, pp. 109-114.

(List continued on next page.)

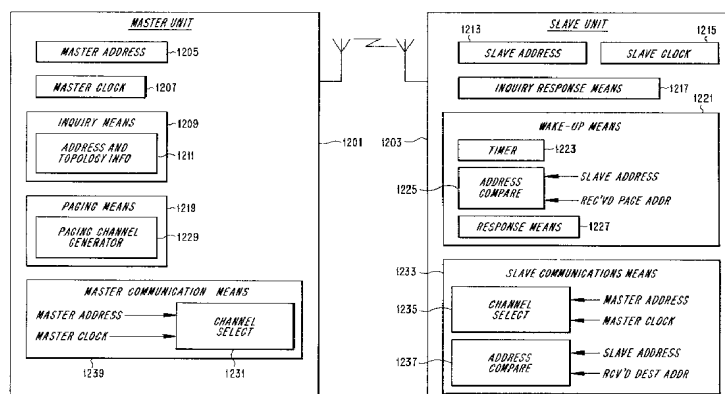
Primary Examiner—William Luther

(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Burns, Doane, Swecker & Mathis, L.L.P.

(57) **ABSTRACT**

A wireless network includes master and slave units. The master sends a master address and clock to the slaves. Communication is by means of a virtual frequency hopping channel whose hopping sequence is a function of the master address, and whose phase is a function of the master clock. Transmitted inquiry messages solicit slave address and topology information from the slaves, which may be used to generate a configuration tree for determining a route for a connection between the master and slave units. Slave address and topology information may include an own address from each of the slave units and only first order address lists from each of the slave units. Generating the configuration tree involves generating a hierarchy of connectivity rings from the first order address lists. Each connectivity ring may be generated in accordance with a rule that a higher-numbered connectivity ring cannot include nodes representing units that are already represented by a node in a lower-numbered connectivity ring. Alternatively, each connectivity ring may be generated by considering a present numbered connectivity ring having parent nodes, and including in a next higher-numbered connectivity ring those nodes representing all children of the parent nodes such that no descendant of a parent can represent the same unit as the parent; no descendant of a parent's child can represent the same unit as any of the parent's children; and no child of any parent can have the same name as any other child of said any parent.

28 Claims, 9 Drawing Sheets



OTHER PUBLICATIONS

Joel DiGirolamo, "Defining the Home Network", Electronic Design, vol. 46, No. 7, Apr. 1997, p. 111.

"Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", Draft Standard IEEE 802.11, P802.11/D1, pp. 10-17, Dec. 1994.

Dimitri Bertsekas, et al., "Data Networks", Second Edition, Prentice Hall, Inc., London 1992, pp. 378-387.

"Radio Equipment and Systems (RES); High Performance Radio Local Area Networks (HIPERLANs) Requirements and Architecture Strawman for Chapters 1-3", ETSI, Draft ETR XXX, Jul. 1996, cover page and pp. 2-14.

"Radio Equipment and Systems (RES); High Performance Radio Local Area Network (HPRLAN) Type 1; Functional Specification", ETSI, Final Draft ETS 300 652, Jun. 1996, cover page and pp. 17-23.

Federal Register/vol. 64, No. 146/Friday, Jul. 30, 1999, pp. 41392-41394.*

John Jubin, Janet D. Tornow, "The Darpa Packet Radio Network Protocols", Proceedings Of The IEEE, Jan., 1987, vol. 75, No. 1, pp. 21-32.

* cited by examiner

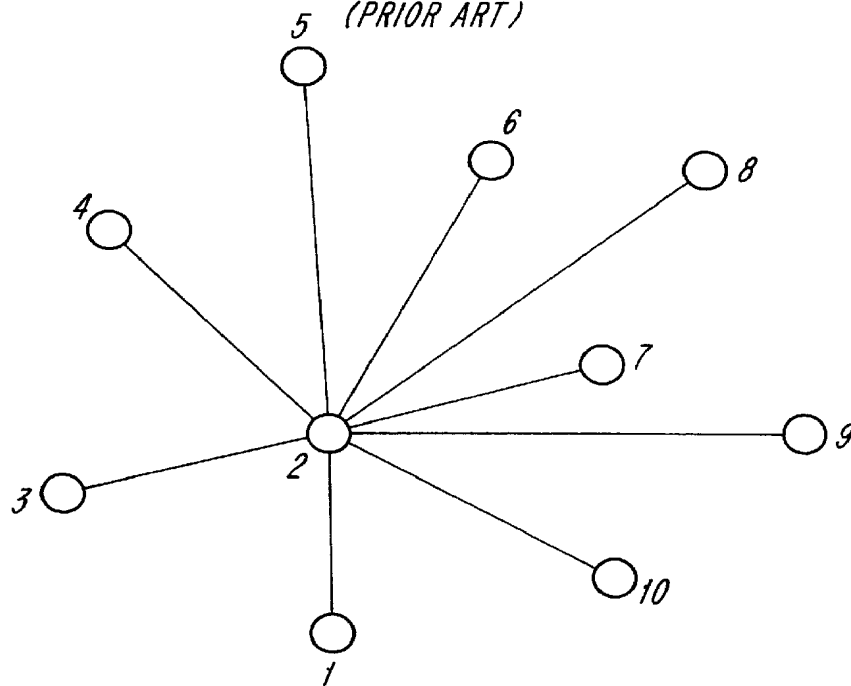
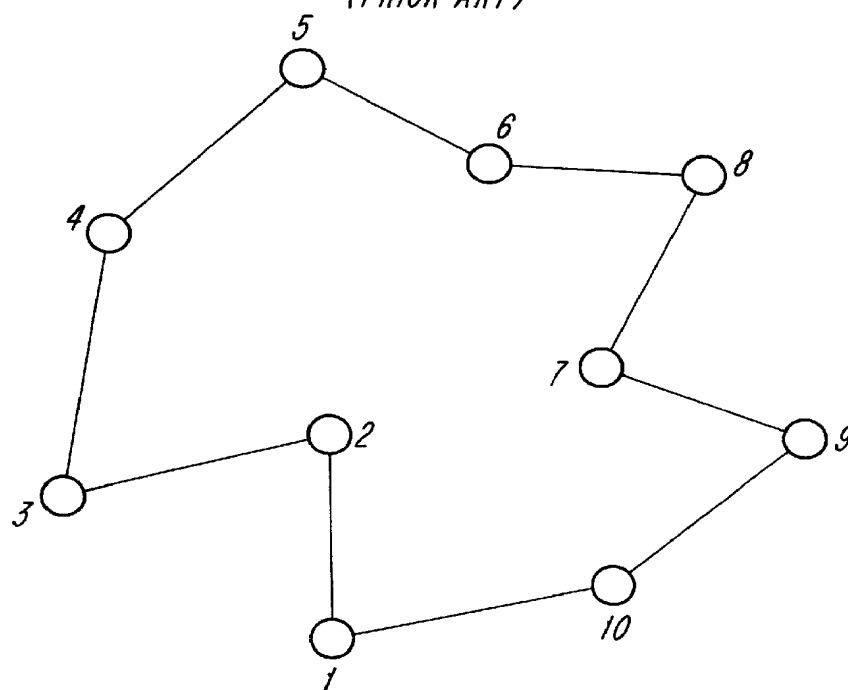
FIG. 1*(PRIOR ART)***FIG. 2***(PRIOR ART)*

FIG. 3
(PRIOR ART)

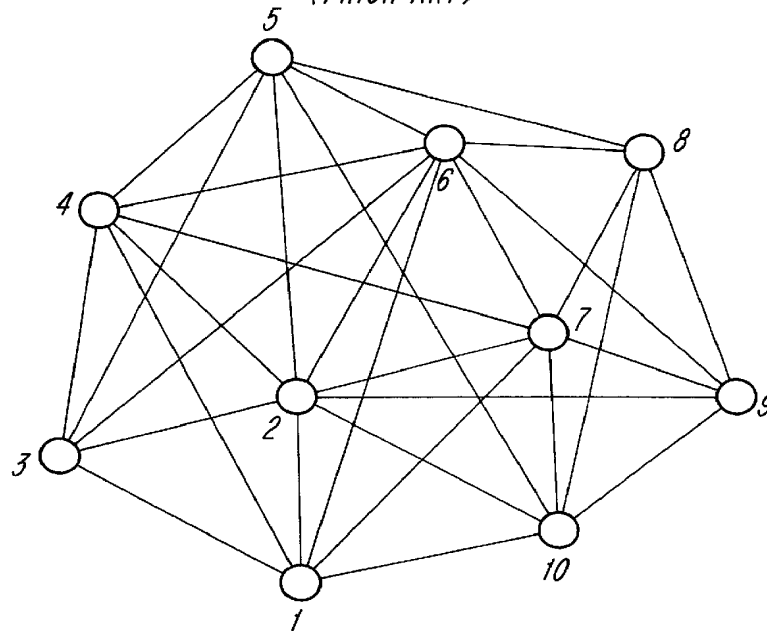
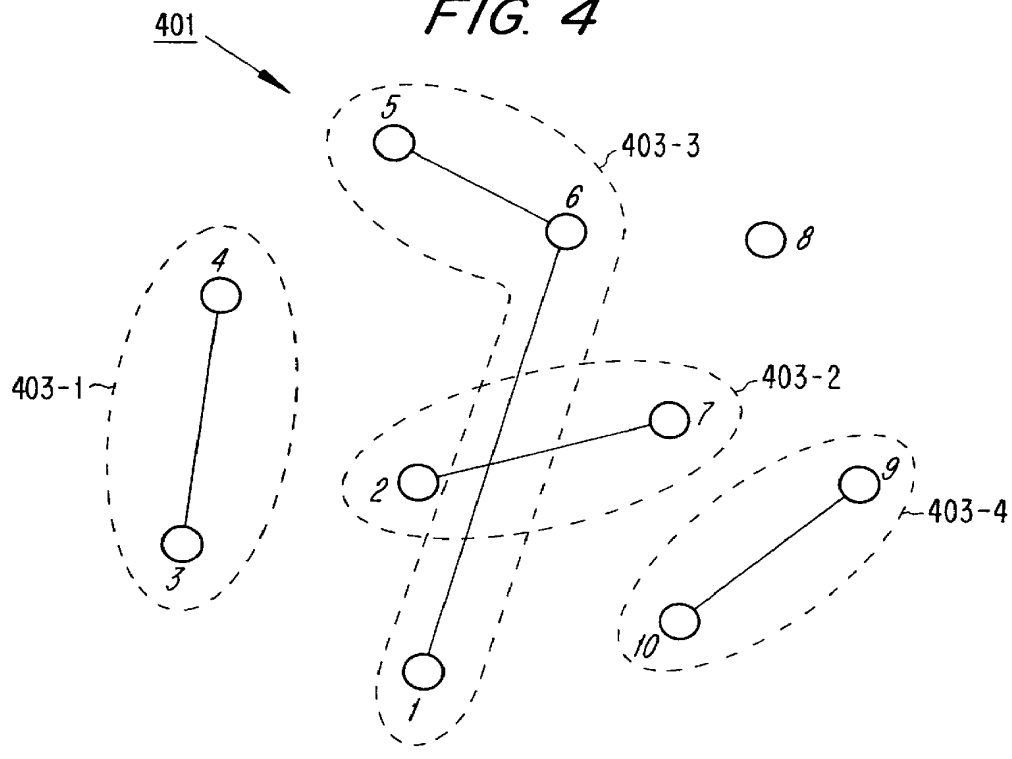


FIG. 4



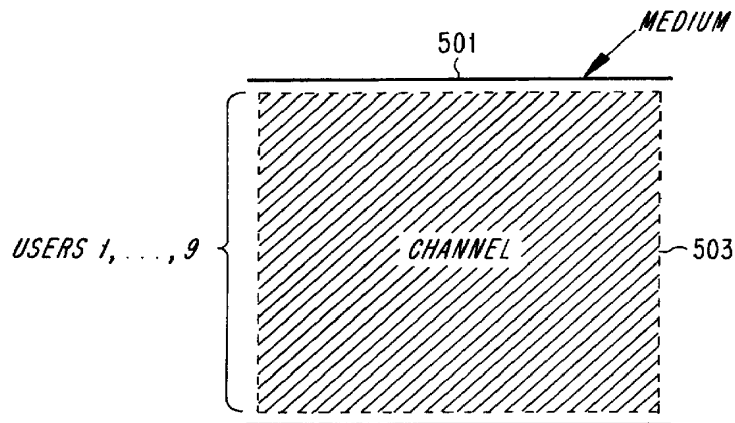


FIG. 5a
(PRIOR ART)

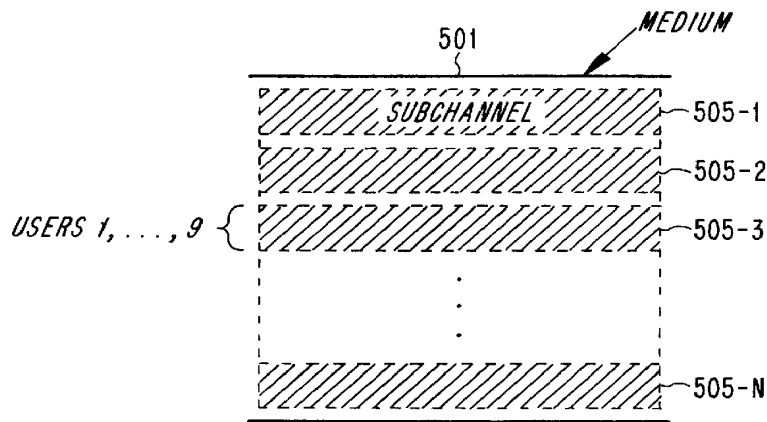


FIG. 5b
(PRIOR ART)

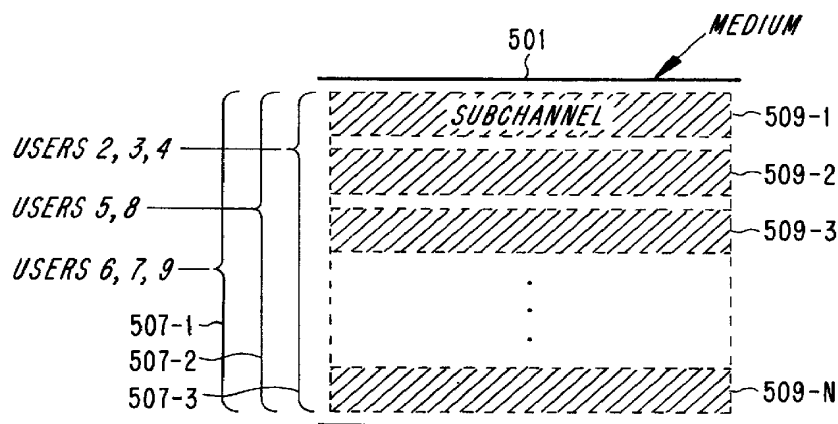
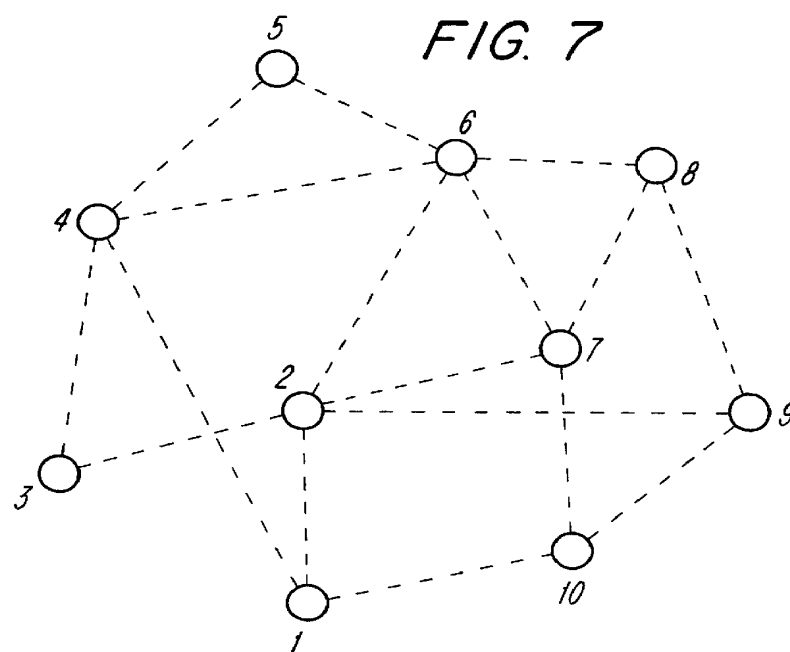
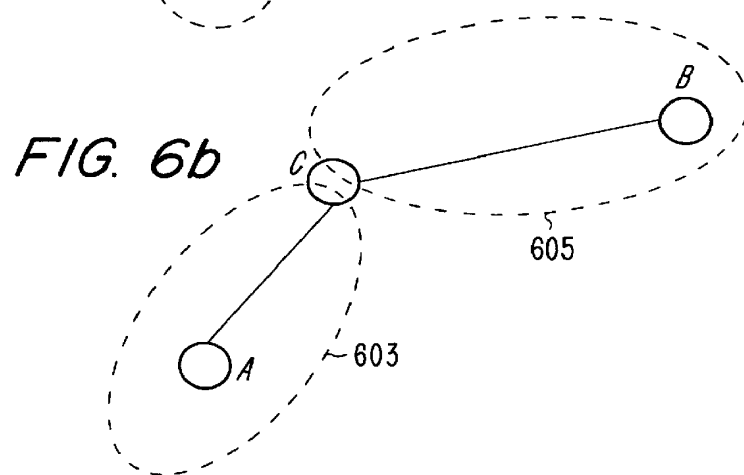
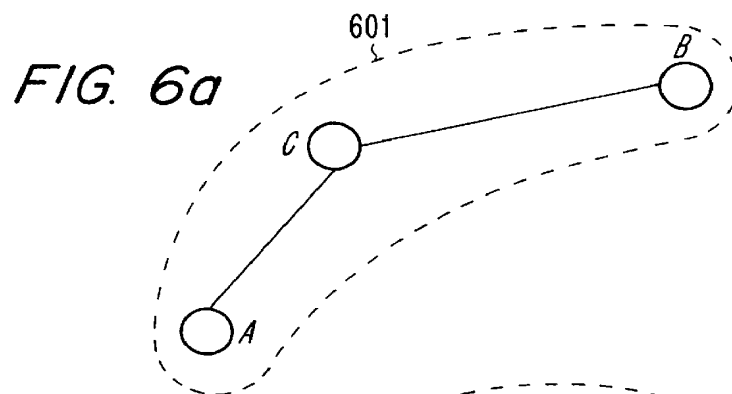


FIG. 5c



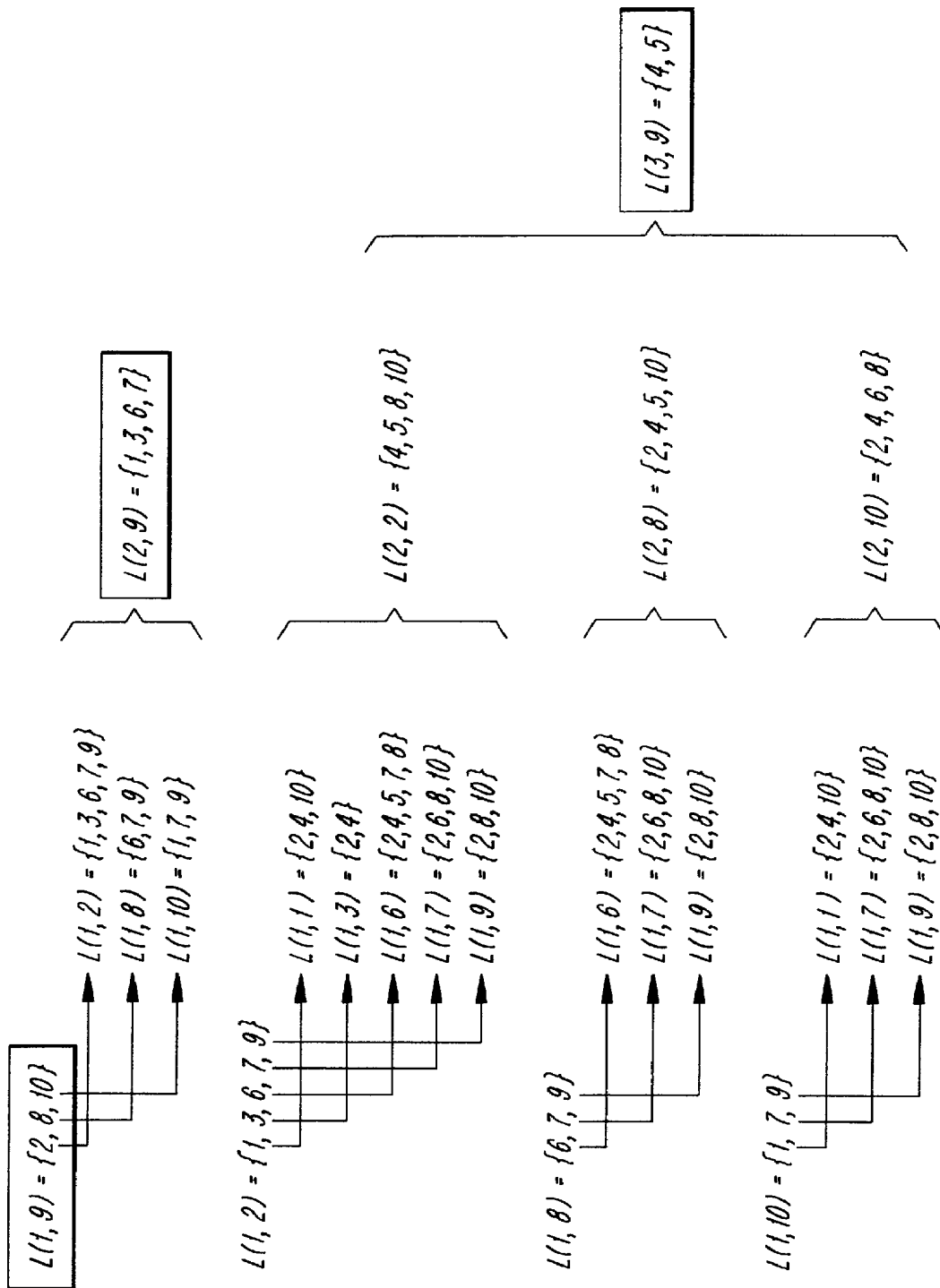


FIG. 8

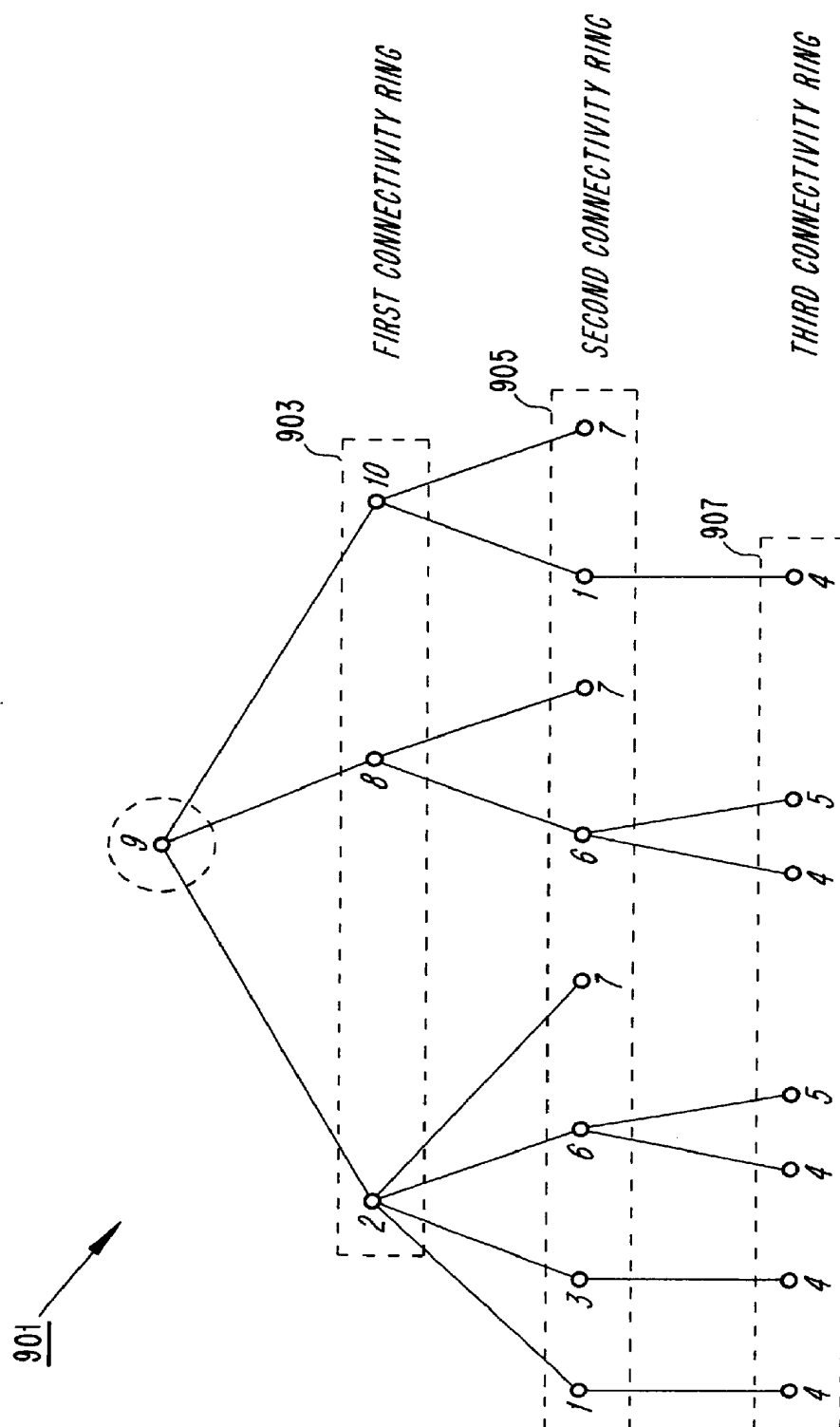


FIG. 9

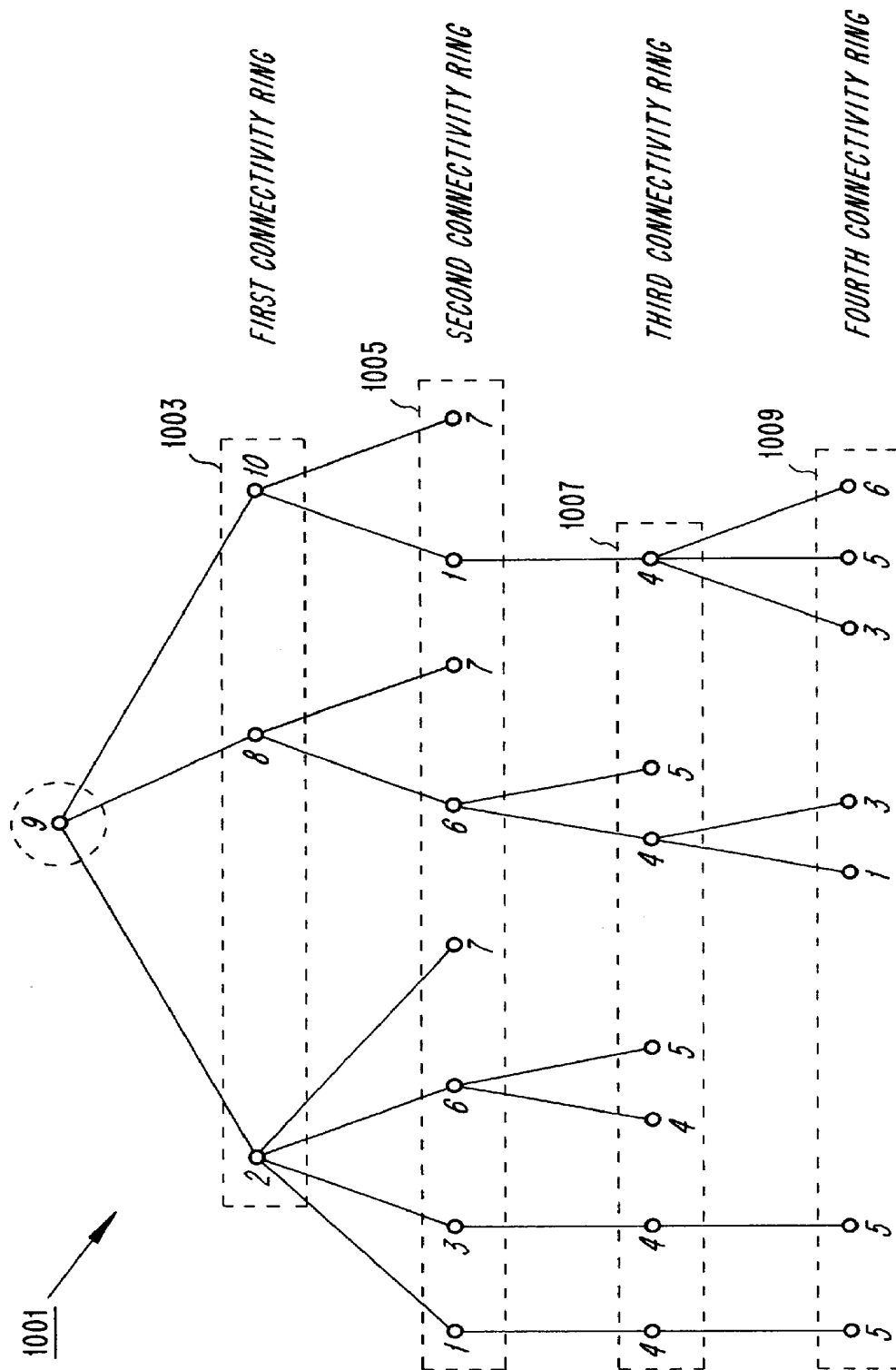


FIG. 10

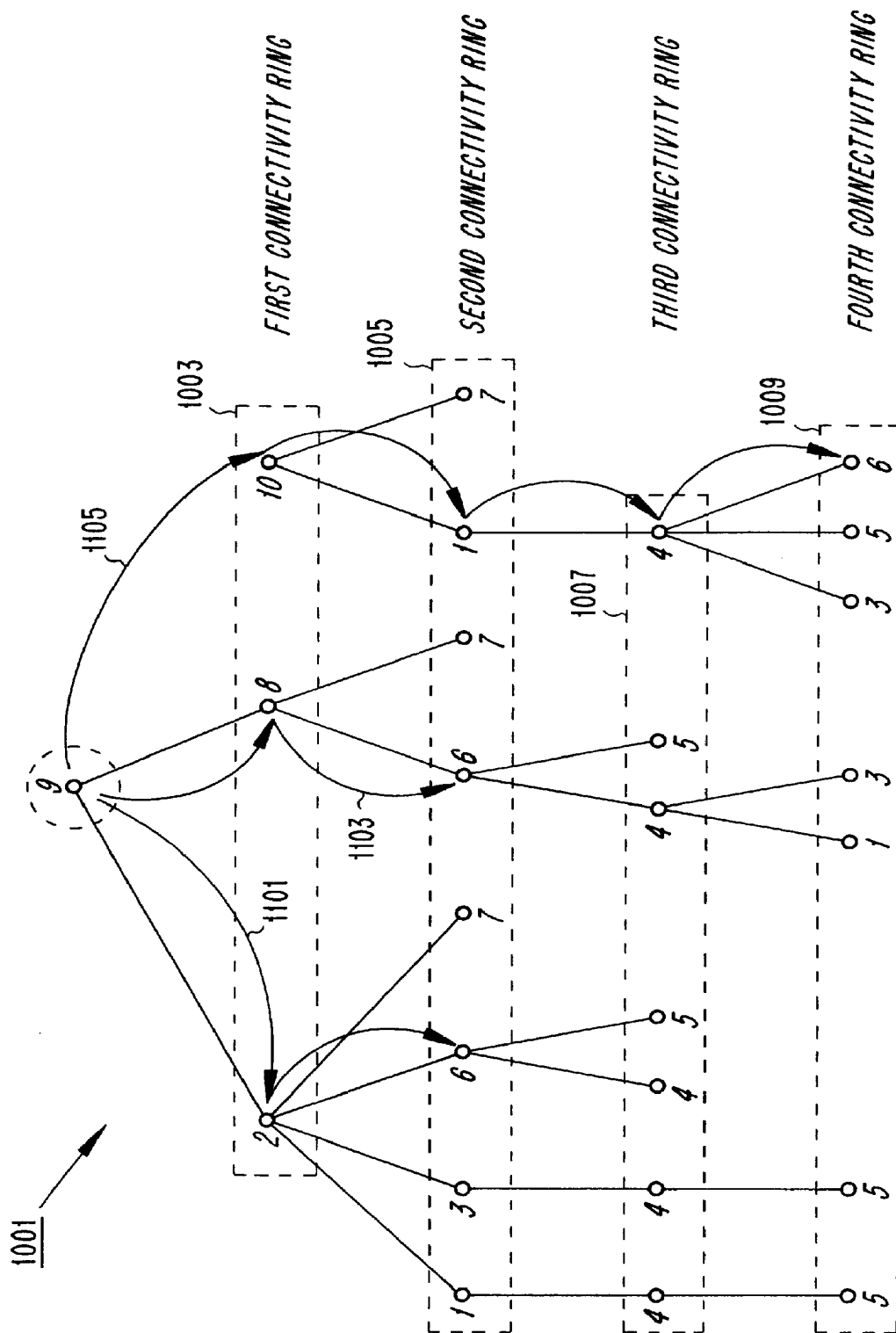


FIG. 11

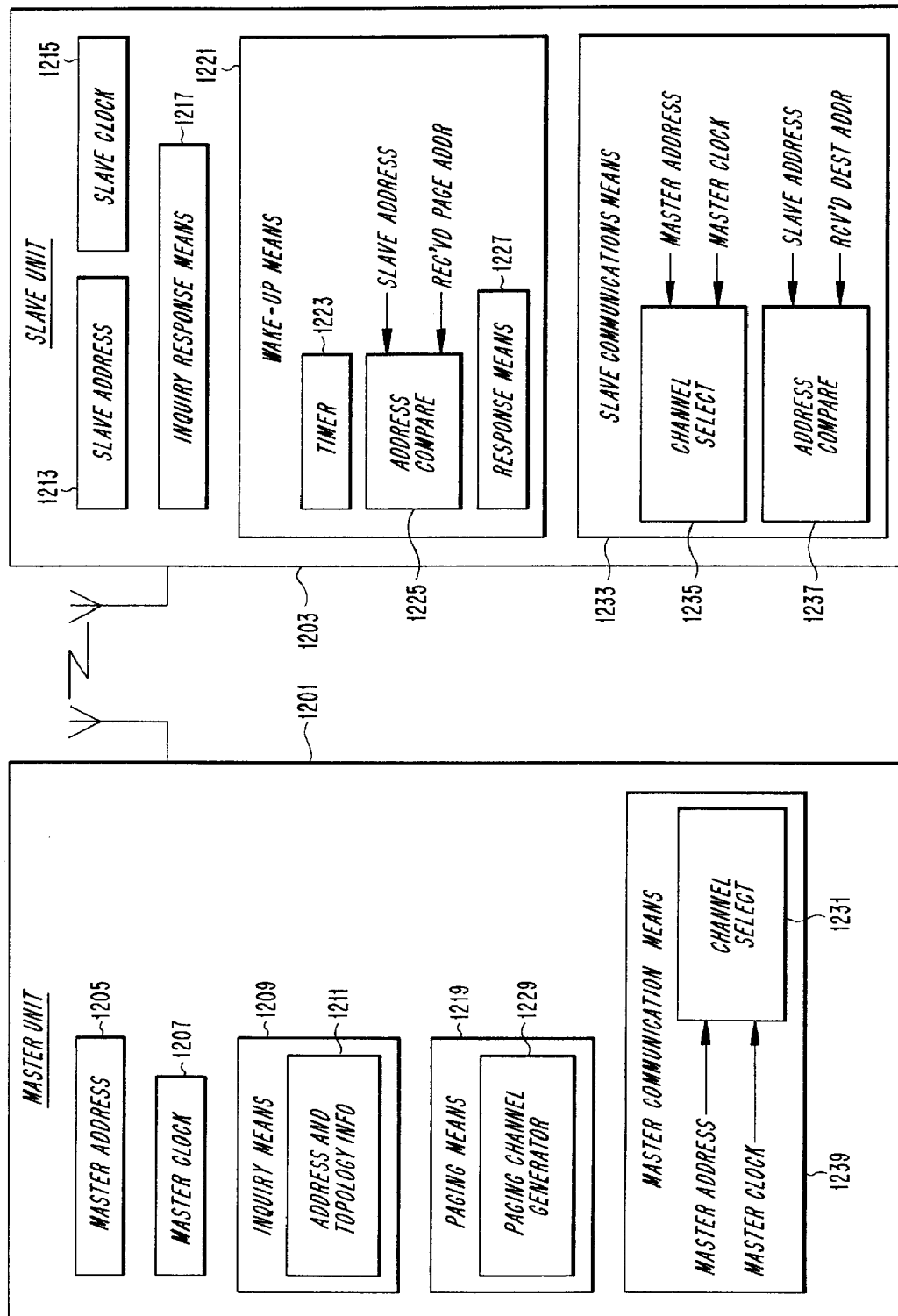


FIG. 12

FREQUENCY HOPPING PICONETS IN AN UNCOORDINATED WIRELESS MULTI-USER SYSTEM

BACKGROUND

The present invention relates to uncoordinated wireless multi-user systems, and more particularly to self-organized connectivity in an uncoordinated wireless multi-user system.

Radio Local Area Networks (LAN) typically cover an area of technology where the computer industry and the wireless communications industry merge. Conventional computer networking has relied on wired LANs, typically packet-switched and targeted for data transfer. By contrast, wireless networking, and in particular cellular networking, has relied on wide area networks, typically circuit-switched and targeted for voice transfer. Most efforts in the design of radio LANs have reused the principles that are used in wired LANs. This, however, is a questionable procedure because the environments of the wired medium and of the wireless medium differ in important ways. Moreover, multimedia communications require additional features due to the special traffic characteristics posed by data, voice and video. Finally, the residential environment has its own requirements which can be decisive for the design of the system.

Almost one hundred percent of the computer networks today use a wired infrastructure. The wired medium can range from a simple twisted pair to an optical fiber. Due to its shielded and controllable environment, the wired medium is characterized by low interference levels and stable propagation conditions. Consequently, the wired medium has potential for high to very high data rates. Because of the latter, all participants in wired LANs typically share this single medium. The medium constitutes a single channel which is used by only a single one of a number of different users at any given time. Time-division multiplexing (TDM) is used to allow different users to access the channel at different times.

The protocols for accessing wired media have been standardized by the IEEE in its 802 series. Typically, multiple access reservation techniques like carrier-sensing (e.g., Ethernet, 802.3 Carrier-Sense Multiple Access/Collision Detect (CSMA/CD) or tokens (e.g., 802.4 token buses, or 802.5 token rings) are used to gain access to the medium. These protocols can be used in a distributed sense in that the user occupying the channel reserves the medium by its present transmission or by its token. In these schemes, every user can hear all traffic. That is, in a single LAN, all of the users share not only the channel, but all of the information carried on that channel as well. When the number of participants grows, the LAN can be divided into smaller LANs or segments, which channels operate independently. LANs can be interconnected via bridges or routers which form interfaces between the different local networks. These configurations result in more complex networks. For example, reference is made to D. Bertsekas and R. Callager, *Data Networks*, 2nd Edition, Prentice-Hall, London, 1992. For the discussion of the residential LANs, it suffices to consider the single LAN. The LAN typically provides a connectionless packet-switched service. Each packet has a destination address (and usually a source address as well) so that each user can determine whether the packet that passes by is intended for him or not.

It will be understood that the net throughput per user in a single LAN is determined by the peak data rate on the channel and by the number of users that share this channel.

Even if the peak data rate is very high due to the wide band-width of the wireline medium, the effective user throughput can be low if the channel has to be shared among many users.

Since the type of communication that takes place over current wired LANs is asynchronous and connectionless, it is ill-suited for supporting delay-critical services like voice. Voice services demand synchronous or isochronous connections, which require priority techniques in the Medium Access Control (MAC) protocols in order to give voice users precedence over non-voice users. Different studies in existing data networks have shown that this is not a trivial task.

During the last several years, standards bodies in the United States and in Europe have worked on wireless LANs (WLANs). In the United States, this has resulted in the IEEE 802.11 standard (Draft standard IEEE 802.11, P802.11/D1, December 1994), whereas in Europe this has resulted in the ETSI HIPERLAN standard (ETSI, RES10/96/etr, "Radio Equipment and Systems (RES); High Performance Radio Local Area Networks (HIPERLANs), July 1996).

Looking first at the IEEE 802.11 standard, as the name indicates, it is an extension of the 802 LAN standard. The wireless connection is either a radio link or an infrared link. The radio medium is the Industrial, Scientific, Medical (ISM) band at 2.4 GHz. However, for a single radioLAN, only a 1–2 Mb/s channel is available at any given time. This relatively narrow channel has to be shared among all participants of the radio network. Both a configuration based on a wired infrastructure and a configuration based on an ad-hoc structure have been defined. With a wired infrastructure, the radio system merely provides a wireless extension between the wired LAN and the user terminal. Fixed access points interface between the wireline domain and wireless domain. In an ad hoc network, wireless units create their own wireless network. No wired backbone is involved at all. It is the ad hoc nature provided with wireless communications that gives the WLANs an important advantage over wired LANs in certain applications.

To avoid interference with other networks or other applications in the 2.4 GHz ISM band, either direct-sequence spreading or slow frequency hopping is used. Access to the channel is accomplished by a special form of Carrier-Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA) that provides a connectionless service. In an architecture based on a wired infrastructure, the fixed part takes the role of a central controller which schedules all traffic. In an ad hoc architecture, the distributed CSMA/CA protocol provides the multiple access to the channel.

All in all, the IEEE 802.11 standard is very similar to that of the wired Ethernet, but wherein the wire has been replaced by a 1 Mb/s radio channel. It will be understood that the effective user throughput decreases quickly when the number of participants increases. In addition, since the spreading factor for Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) is only 11 and the hop rate for Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) is only on the order of 10 to 20 hops/s, little immunity is provided against interference in the ISM band. Although different networks can theoretically coexist in the same area (different networks either use different DSSS carrier frequencies of which seven are defined, or use different FHSS hop sequences), thereby increasing the aggregate throughput. In fact, in A. Kamerman, "Spread-Spectrum Techniques Drive WLAN Performance," *Microwaves & RF*, September 1996, pp. 109–114, it was claimed that the aggregate throughput,

defined as the average throughput per user times the number of co-located users (not necessarily participating in the same network), can never exceed 4–6 Mb/s with either technology. For co-locating different networks under the IEEE 802.11 standard it is preferred that the networks be based on a wired infrastructure: a limited number of co-located fixed access points can create their own network. A certain amount of coordination via the wired network is then possible. However, for networks based on an ad hoc structure, this is much more difficult under IEEE 802.11 because the MAC protocol does not lend itself to this creation. Instead, units that come in range of an ad hoc network will join an existing network and not create their own network.

HIPERLAN has followed a similar path as IEEE 802.11. The system operates in the 5.2 GHz band (not available in the United States). The standard is still under development and consists of a family of sub-standards, HIPERLAN 1 to 4. The most basic part, HIPERLAN 1 (ETSI, ETS 300652, "Radio Equipment and Systems (RES); High Performance Radio Local Area Networks (HIPERLAN) Type 1; Functional Specification," June 1996), is similar to the IEEE 802.11. Again, a single channel is used, but with a higher peak data rate of 23.5 Mb/s. A dedicated CSMA/CA scheme is used, called Elimination-Yield Non-Preemptive Priority Multiple Access (EY-NPMA) which provides a number of contention-based phases before the channel is reserved. Although the 5.2 GHz band is unlicensed in Europe, only HIPERLAN-type applications are allowed. Therefore, no special measures against unknown jammers are implemented. Different networks can coexist in the same area provided different 23 MHz wide channels are used. Out of the 5.2 GHz, five such channels have been defined.

One other interesting activity in the HIPERLAN area is the HIPERLAN 2 standardization which concentrates on wireless Asynchronous Transfer Mode (ATM). Presumably, this wireless network will also use the 5.2 GHz band, will support peak data rates around 40 Mb/s, and will use a centralized access scheme with some kind of demand assignment MAC scheme.

What the existing WLAN systems have in common with the wired LANs is that a single channel is shared among all the participants of the local network. All users share both the medium itself and all information carried over this medium. In the wired LAN, this channel can encompass the entire medium. However, this is not so in the radioLANs. In the radioLANs, the radio medium typically has a bandwidth of 80 to 100 MHz. Due to implementation limitations and cost of the radio transceivers, and due to restrictions placed by regulatory bodies like the FCC and ETSI, it is virtually impossible to define a radio channel in the radioLAN with the same bandwidth as the radio medium. Therefore, only part of the radio medium is used in a single LAN. As a result, the peak data rate over the channel decreases. But more importantly, the effective user throughput decreases because all participants share this channel, which is now much smaller than the medium. Although the medium is divided into different channels, each of which can be used to set up a different radioLAN, in practice, only a single network covers a certain area, especially when it concerns ad hoc networks. In radioLANs based on a wired infrastructure, the different channels can be used to create cells, each cell with its own network that is not disturbed by neighboring cells. This result is achieved at the expense of effort in planning the allocation of channels. In this way, a cellular structure is created that is similar to those encountered in cellular mobile systems. The use of different ad hoc radio networks in the same cell, however, is prohibited, thereby limiting the attainable aggregate throughput per unit area.

Considering now the transmission of voice by means of data links, this is still a problem in conventional systems because the wireless LAN standards reuse the multiple access schemes as encountered in the wired counterparts. As indicated in M. A. Visser, et al., "Voice and Data Transmission over 802.11 Wireless Network," *Proc. of PIMRC '95*, Toronto, September 1995, pp. 648–652, the use of these MAC protocols for the transmission of voice is not very appropriate either.

There is therefore a need for a cost-effective wireless replacement of a local network that can support both voice and data and is self-organized for an efficient use of the limited radio spectrum.

SUMMARY

It is therefore an object of the present invention to provide methods and apparatus for connecting devices wirelessly, making optimal usage of the allocated spectrum.

It is a further object to provide a connectivity structure in which units can set up point-to-point connections independently, without being hindered by point-to-point connections between other units sharing the same area and the same spectrum.

In accordance with one aspect of the present invention, the foregoing and other objects are achieved in a wireless network comprising: a master unit; and a slave unit. The master unit comprises: means for sending a master address to the slave unit; means for sending a master clock to the slave unit; and means for communicating with the slave unit by means of a virtual frequency hopping channel. The slave unit comprises: means for receiving the master address from the master unit; means for receiving the master clock from the master unit; and means for communicating with the master unit by means of the virtual frequency hopping channel. Furthermore, in this embodiment of the wireless network, a hopping sequence of the virtual frequency hopping channel is a function of the master address; and a phase of the hopping sequence is a function of the master clock.

In another aspect of the invention, the master unit in the wireless network further comprises means for transmitting an inquiry message that solicits a slave address from the slave unit; and the slave unit further comprises: means for receiving the inquiry message; and means, responsive to the inquiry message, for transmitting the slave address to the master unit.

In another aspect of the invention, the master unit in the wireless network further comprises: means for receiving slave address and topology information from more than one slave unit; and means for generating a configuration tree from the address and topology information.

In yet another aspect of the invention, the master unit in the wireless network further includes means for utilizing the configuration tree to determine a route for a connection between the master unit and the slave unit.

In still another aspect of the invention, the slave address and topology information comprises an own address from each of the more than one slave units and only first order address lists from each of the more than one slave units; and the means for generating the configuration tree from the address and topology information comprises: means for generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein the generating means generates each of the connectivity rings in accordance with a rule that a higher-numbered connectivity ring cannot include nodes representing units that are already represented by a node in a lower-numbered connectivity ring.

5

In an alternative embodiment, the means for generating the configuration tree from the address and topology information comprises: means for generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein the generating means generates each of the connectivity rings by considering a present numbered connectivity ring having parent nodes, and including in a next higher-numbered connectivity ring those nodes representing all children of the parent nodes that satisfy the following rules: no descendant of a parent can represent the same unit as is represented by the parent; no descendant of a child of the parent can represent the same unit as any of the children of the parent; and no child of any parent can have the same name as any other child of said any parent.

In yet another aspect of the invention, a wireless unit, for use in a wireless network having a scatter topology, comprises means for receiving address and topology information from each of a number of other wireless units; and means for generating a configuration tree from the address and topology information.

In still another aspect of the invention, the wireless unit further comprises means for utilizing the configuration tree to determine a route for a connection between the wireless unit and at least one of the other wireless units.

In yet another aspect of the inventive wireless unit, the address and topology information comprises an own address from each of the other units and only first order address lists from each of the other units; and the means for generating the configuration tree from the address and topology information comprises: means for generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein the generating means generates each of the connectivity rings in accordance with a rule that a higher-numbered connectivity ring cannot include nodes representing units that are already represented by a node in a lower-numbered connectivity ring.

In still another aspect of the inventive wireless unit, the address and topology information comprises an own address from each of the other units and only first order address lists from each of the other units; and the means for generating the configuration tree from the address and topology information comprises: means for generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein the generating means generates each of the connectivity rings by considering a present numbered connectivity ring having parent nodes, and including in a next higher-numbered connectivity ring those nodes representing all children of the parent nodes that satisfy the following rules: no descendant of a parent can represent the same unit as is represented by the parent; no descendant of a child of the parent can represent the same unit as any of the children of the parent; and no child of any parent can have the same name as any other child of said any parent.

In another aspect of the invention, a method for generating a connectivity tree for use in determining a connection route between a first wireless unit and any of a number of other wireless units comprises the steps of: in the first wireless unit, receiving address and topology information from each of the other wireless units, wherein the address and topology information comprises an own address from each of the other wireless units and only first order address lists from each of the other wireless units; and in the first wireless unit, generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein each of the connectivity rings is generated in accordance with a rule that a higher-numbered connectivity

6

ring cannot include nodes representing units that are already represented by a node in a lower-numbered connectivity ring.

Another aspect of the invention relates to a method for generating a connectivity tree for use in determining a connection route between a first wireless unit and any of a number of other wireless units. The method comprises the steps of: in the first wireless unit, receiving address and topology information from each of the other wireless units, wherein the address and topology information comprises an own address from each of the other wireless units and only first order address lists from each of the other wireless units; and in the first wireless unit, generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein each of the connectivity rings is generated by considering a present numbered connectivity ring having parent nodes, and including in a next higher-numbered connectivity ring those nodes representing all children of the parent nodes that satisfy the following rules: no descendant of a parent can represent the same unit as is represented by the parent; no descendant of a child of the parent can represent the same unit as any of the children of the parent; and no child of any parent can have the same name as any other child of said any parent.

In another aspect of the invention, a wireless network having a scatter topology comprises: a first master unit; a second master unit; a first slave unit; and a second slave unit. The first master unit comprises: means for sending a first master address to the first slave unit; means for sending a first master clock to the first slave unit; and means for communicating with the first slave unit by means of a first virtual frequency hopping channel. The first slave unit comprises: means for receiving the first master address from the first master unit; means for receiving the first master clock from the first master unit; and means for communicating with the first master unit by means of the first virtual frequency hopping channel. The second master unit comprises: means for sending a second master address to the second slave unit; means for sending a second master clock to the second slave unit; and means for communicating with the second slave unit by means of a second virtual frequency hopping channel. The second slave unit comprises: means for receiving the second master address from the second master unit; means for receiving the second master clock from the second master unit; and means for communicating with the second master unit by means of the second virtual frequency hopping channel. Furthermore, in the wireless network a first hopping sequence of the first virtual frequency hopping channel is a function of the first master address; a phase of the first hopping sequence is a function of the first master clock; a second hopping sequence of the second virtual frequency hopping channel is a function of the second master address; a phase of the second sequence is a function of the second master clock; the first master clock is uncoordinated with the second master clock; and the first virtual frequency hopping channel uses the same radio spectrum as the second virtual frequency hopping channel. With this arrangement, the first virtual frequency hopping channel is different from the second virtual frequency hopping channel, thereby permitting communication between the first master unit and the first slave unit to take place without substantially interfering with communication between the second master unit and the second slave unit.

In still another aspect of the invention, each of the first and second master units in the wireless network further comprises means for transmitting an inquiry message that solicits a slave address from the first and second slave units.

7

Furthermore, each of the first and second slave units in the wireless network further comprises: means for receiving the inquiry message; and means, responsive to the inquiry message, for transmitting the slave address to the first and second master units.

In yet another aspect of the invention, each of the first and second master units in the wireless network further comprises: means for receiving slave address and topology information from more than one slave unit; and means for generating a configuration tree from the address and topology information.

In still another aspect of the invention, each of the first and second master units in the wireless network further includes means for utilizing the configuration tree to determine a route for a connection between the first and second master unit and the respective first and second slave units.

In yet another aspect of the wireless network, the slave address and topology information comprises an own address from each of the more than one slave units and only first order address lists from each of the more than one slave units; and the means for generating the configuration tree from the address and topology information comprises: means for generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein the generating means generates each of the connectivity rings in accordance with a rule that a higher-numbered connectivity ring cannot include nodes representing units that are already represented by a node in a lower-numbered connectivity ring.

In still another aspect of the invention, the slave address and topology information in the wireless network comprises an own address from each of the more than one slave units and only first order address lists from each of the more than one slave units. Furthermore, the means for generating the configuration tree from the address and topology information comprises: means for generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein the generating means generates each of the connectivity rings by considering a present numbered connectivity ring having parent nodes, and including in a next higher-numbered connectivity ring those nodes representing all children of the parent nodes that satisfy the following rules: no descendant of a parent can represent the same unit as is represented by the parent; no descendant of a child of the parent can represent the same unit as any of the children of the parent; and no child of any parent can have the same name as any other child of said any parent.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The objects and advantages of the invention will be understood by reading the following detailed description in conjunction with the drawings in which:

FIG. 1 is a block diagram of a network having a star topology;

FIG. 2 is a block diagram of a network having a ring topology;

FIG. 3 is a block diagram of a network having a mesh topology;

FIG. 4 illustrates a wireless LAN having a scatter topology, in accordance with one aspect of the invention;

FIG. 5a depicts a prior art LAN that utilizes a single channel that is identical to the medium;

FIG. 5b depicts a prior art LAN in which the medium is divided into several subchannels;

FIG. 5c illustrates a LAN that utilizes a multi-channel approach in accordance with one aspect of the invention;

8

FIG. 6a depicts a piconet in accordance with one aspect of the invention in which two wireless units that are not within range of one another communicate by means of an intermediate wireless unit that is within range of each of the other wireless units, and which acts as a master of the piconet;

FIG. 6b depicts an alternative embodiment of the invention in which two wireless units that are not within range of one another communicate by means of an intermediate wireless unit that is within range of each of the other wireless units, and which acts as a bridge between two piconets;

FIG. 7 depicts an exemplary configuration for illustrating the inquiry procedure in accordance with one aspect of the invention;

FIG. 8 depicts an extended inquiry process in accordance with another aspect of the invention;

FIG. 9 depicts an exemplary first type of connectivity tree, in accordance with an aspect of the invention;

FIG. 10 depicts an exemplary second type of connectivity tree, in accordance with another aspect of the invention;

FIG. 11 illustrates the utilization of a connectivity tree to determine possible routes for making a connection, in accordance with one aspect of the invention; and

FIG. 12 is a block diagram of an exemplary system for carrying out the various inventive features.

DETAILED DESCRIPTION

The various features of the invention will now be described with respect to the figures, in which like parts are identified with the same reference characters.

As mentioned in the BACKGROUND section, the conventional single-channel approach to LANS is characterized by the fact that all units can receive all information transferred over the channel. Consequently, the network topology is either a star, as illustrated in FIG. 1; a ring, as illustrated in FIG. 2; or a mesh, as illustrated in FIG. 3. In the star topology, a master controller that schedules all communications can be placed in the center. In the ring and mesh topologies, a more distributed control is applied. For wired LANs, the star and the ring topologies are most appropriate, because they minimize the amount of cabling. However, the mesh topology (i.e., a topology in which one unit can connect directly to many other units) is automatically obtained in radio LANs due to the omni-directional radio propagation. In the conventional topologies illustrated in FIGS. 1, 2 and 3, all units connect to each of the other units in the network. Each unit constantly listens to the master or listens to traffic on the channel. This is beneficial in applications like broadcasting or multicasting. However, these applications are only used a small percentage of the time. Instead, most applications call for point-to-point or point-to-multipoint services between two or a limited number of units connected to the network. For these applications, the single-channel approach limits the performance.

Therefore, in accordance with one aspect of the invention, a multi-channel approach is applied in which units that want to communicate don't have to wait for a free spot on the channel, but instead look for a free channel which they can use directly. In this approach, all users share all of the channels in the allocated spectrum on average, but only a few users use a particular channel at a particular moment in time. In this way, simultaneous communication links can be established without interfering with each other. The multi-channel approach also enables channel reuse: if the connec-

tions are sufficiently separated geographically, they can use the same channel without disturbing one another.

In a network like this, only units that communicate with each other are connected. The "overall" network consists of scattered connections or scattered subnets (piconets) and is therefore referred to herein as having a scatter topology. This arrangement differs from the existing wired LANs and wireless LANs in that although the medium (e.g., the 83.5 MHz radio spectrum at 2.4 GHz) is shared among all users, the information transferred over the medium is not shared among all users. Instead, multiple channels are created, and each channel is only shared by the participants of interest, namely, only those participants that need to share the information. Although each unit can potentially connect to each other unit in range, it will not instantaneously connect to all units in range simultaneously. Multiple ad-hoc connections can be established, which each operate independently.

An example of a scatter network **401** in accordance with the invention is illustrated in FIG. 4. In this figure, four subnets **403-1**, . . . , **403-4** have been formed. In each subnet **403-x**, only those units participate that indeed want to exchange information. Each subnet **403-x** has its own virtual channel, and only the participants of the piconet contend for the corresponding channel. The subnets **403-x** function independently with respect to one another. Units for which there is no need for information exchange (such as unit **8** in FIG. 4) are not connected. However, these units periodically scan the spectrum for page messages to see whether another unit wants to connect to them.

To avoid interference between different connections and subnets **403-x**, either a form of adaptive channel allocation or a form of spreading is applied. When adaptive channel allocation is applied, the units that want to connect perform measurements on the different channels and then select the best channel (i.e., the least-interfered-with channel). The adaptive scheme, however, has some disadvantages compared to the spreading techniques described next. First, it may be difficult to obtain reliable measurements on a channel due to the bursty nature of the data traffic. Second, a mechanism must be included such that the units that want to communicate indeed select the same (least interfered with) best channel, which is not a trivial task. A central controller is unavoidable. Instead spreading, as is also required by the Federal Communication Commission (FCC) in the unlicensed band like the ISM 2.4 GHz, is a much more attractive method.

For the case in which spreading is utilized, direct-sequence spreading or frequency-hop (FH) spreading can be applied to spread the interference. A suitable air interface applying slow FH is described in U.S. patent application Ser. No. 08/685,069 (Attorney Docket No. 27951/00059 EUS00390-RCUR), entitled "Short-Range Radio Communications System and Method of Use", which was filed on Jul. 23, 1996 in the name of Paul W. DENT and Jacobus C. HAARTSEN, which is commonly assigned to the same assignee as that of the present application, and which is hereby incorporated herein by reference. In the just-referenced application, an air interface is described that obtains immunity against co-user interference and other jammers by applying frequency hopping and a fast packet-retransmission scheme.

Frequency hopping is preferred over direct-sequence spreading for a number of reasons. First, it is desired to be able to make multiple, co-located but uncoordinated ad-hoc connections. In this environment, direct-sequence spreading would pose near-far problems. A power control mechanism

cannot be implemented because of the uncoordinated nature of the transmitters. The existence of unknown jammers would also mandate the need for a rather high processing gain and high transmission (TX) power. The high spreading rate that the high processing gain would involve, would result in a costly transceiver design. As to high TX power, this is less attractive in battery-driven user equipment. Finally, the best interference immunity is obtained by using the entire spectrum available, that is 83.5 MHz at 2.4 GHz. Direct-sequence spreading can only use part of the spectrum due to bandwidth limitations in the transceiver. Instead, frequency hopping systems can hop over the entire spectrum on average, but still have a reasonable channel bandwidth instantaneously. Analogous to the IEEE 802.11 standard, the present invention defines 79 hops of 1 MHz width. A virtual channel is defined as a pseudo-random hop sequence which hops on average over all 79 hops. Different connections can be established simultaneously by applying different virtual channels. Occasionally, different virtual channels will use the same hop, in which case they collide. Error recovery and redundancy are then used to overcome the disturbance.

The sharing of the medium in accordance with the present invention compared with other systems is further explained in FIGS. 5a, 5b and 5c. FIG. 5a shows a prior art single channel approach in which there is only one channel **503**, and this channel **503** is identical to the medium **501**, as is typically encountered in wired LANS. All users contend for the same channel **503**, and TDM is utilized to give each user a portion of the transmission capacity. Access to the channel **503** is controlled either centrally or in a distributed manner. In FIG. 5b, a prior art system is shown in which the medium **501** is divided into several subchannels **505-x**, for example by applying Frequency Division Multiplexing (FDM). The users in range establish a network using one of those subchannels **505-x**. This subchannel **505-x** is either fixed (like in HIPERLAN) or hops slowly through the entire medium (like in IEEE 802.11 FHSS). That is, at different points in time, a different subchannel **505-x** is selected. However, at any point in time, all users contend to gain access to the same subchannel. For example, in the illustration of FIG. 5b, a moment in time is shown in which each of the users **1** through **9** contends to gain access to subchannel **505-3**.

In FIG. 5c, the multi-channel approach of the invention is shown. Again, the medium **501** has been divided into subchannels. However, a group of connected users **507-x** is multiplexed (i.e. is frequency hopping) through all subchannels **509-x** at a relatively high rate. Packets are multiplexed at the hop rate among the different subchannels **509-x**. The hopping pattern represents a virtual channel. In FIG. 5c, three user groups **507-x** are presumed: a first group **507-1** comprising users identified as users **2**, **3** and **4**; a second group **507-2** comprising users identified as users **5** and **8**; and a third group **507-3** comprising users identified as users **6**, **7** and **9**. In accordance with the invention, each of these groups **507-x** constitutes a piconet. In this example, an additional user, user **1**, is not in any of the user groups **507-x**, and is therefore not connected in any of the three piconets.

It will be understood that the multi-channel approach in FIG. 5c gives a much higher overall throughput than the single-channel approach in FIG. 5b when the medium has to be divided into a plurality of smaller subchannels due to radio transceiver limitations or regulations. In the present invention, each piconet corresponds to a virtual channel using a particular sequence to multiplex (hop) through the subchannels, and using a particular link address to identify its packets. The different piconets reuse all the subchannels

in a random way; each subchannel is used on average by all piconets. The sharing of the subchannels results in a statistical multiplexing between the piconets which increases the efficiency under bursty traffic conditions such as those encountered in data applications. Due to the fast hop rate (one packet per hop), the statistical multiplexing is much more efficient than, for example, can be obtained in co-located WLANs based on a FHSS 802.11 where the dwell time on a single channel is much longer.

The type of service obtained with a multi-channel approach lies somewhere between a pure circuit-switched service and a pure packet-switched service. Virtual channels are defined similar to channels in connection-oriented packet-switched networks. However, each virtual channel is uniquely coupled to two or more users and operates in a synchronous manner similar to channels in circuit-switched networks. Furthermore, unlike the (sub)channels or circuits in circuit-switched networks which are used exclusively by the connected users, the circuits in the piconets are shared on average among all the users. For bursty data applications this provides higher throughput and better usage of the medium due to the statistical packet multiplexing which is not encountered in conventional circuit-switched networks.

The discussion will now focus on exemplary techniques for enabling units to establish the ad hoc piconet connections described above. The system described here has been optimized to quickly establish and end ad-hoc connections between arbitrary wireless units scattered in a restricted area. Both point-to-point and point-to-multipoint connections can be set up. All units are peer units, each utilizing identical radio transceiver equipment. In accordance with one aspect of the invention, one unit is temporarily assigned the role of master whenever a connection is started. This assignment lasts only for the duration of the connection. Unless redefined, the master unit is the unit that initiates the connection. Each unit has a unique address, or access code, by which it is identified. In an exemplary embodiment, the address is 64-bits long, but of course, this need not be the case in every embodiment. The address determines the pseudo-random hop sequence or virtual channel that the unit uses when it is a master. The master, therefore, has to distribute its address among the slaves so that all use the same virtual hopping channel. During a connection, a very long hop sequence is used in which each hop in the 79 possible hops is visited with equal probability. The phase in the hop sequence is determined by the system clock in the master transceiver unit.

A unit in standby mode wakes up at regular time intervals, say every T seconds (such as every 1.28 s), to listen for a page message which consists of its address. This page message can be considered like a 64-chip direct-sequence code: the receiver correlates against this code and only then activates the rest of the transceiver if the correlation result exceeds a certain threshold. Each new wake-up instant, the unit wakes up at a new hop according to a 32-hop wake-up sequence. The 32 wake-up hops are all unique and evenly spread over the 2.4 GHz ISM band. Both the wake-up hops and the pseudo-random wake-up hop sequence are determined by the standby unit's address. The phase in the sequence is determined by the system clock of standby unit. The unit trying to connect (the "paging unit") retransmits the page message (which is the spreading code representing the recipient's address) with a high repetition rate in different hops. It uses the wake-up hops and the wake-up hop sequence of the recipient, and tries to reach the recipient by sending the page message at as many different hops in the wake-up hop sequence as possible. By having an estimate of

the recipient system clock, the paging unit can expedite the acquisition because it knows when and in which hop the recipient will wake up. With knowledge about the recipient's clock, the worst-case acquisition delay is T (due to the fact that a standby unit only wakes up once every T seconds). Without knowledge of the standby unit's clock, the worst-case acquisition delay amounts to $2T$. These delays are obtained in an error-free environment. If errors occur, the acquisition time may increase. The above-described techniques for accessing a unit that is in standby mode are more fully described in U.S. patent application Ser. No. 08/771,692, entitled "Access Technique of Channel Hopping Communications System" and filed on Dec. 23, 1996 in the name of Haartsen et al. The U.S. patent application Ser. No. 08/771,692 is hereby incorporated herein by reference.

Once a connection has been established, the paging unit, which is designated as the master unit, conveys its address and its system clock to the recipient. The master code and clock will then be used to define the virtual FH channel. This master code is also used to identify the packets on the virtual channel. That is, each packet on the virtual channel, irrespective of which user of the virtual channel is the sender, is preceded by the master address, which acts as a link address. When different units in the same area establish different connections, they each use a different virtual channel and different link address as defined by the parameters of the units that initiated the connections (i.e., the master units).

In order to allow more than two users to participate in a piconet, limited point-to-multipoint capabilities are defined in an exemplary embodiment which permit a unit assigned as master to connect to a plurality of slaves. A star topology results with the master in the center. Slaves cannot communicate directly with each other, but need to use the master as an intermediary. A polling scheme is utilized that schedules the transmissions of the different slaves. All slaves are time synchronized, that is, they all listen to the master at the same time. Only the slave that is addressed (read polled) in the slave receive (RX) slot is allowed to respond in the succeeding slave TX slot. All units, master and slaves, recognize the packets on the virtual channel by the link code (which is the master address). A particular slave in the piconet is identified by a member address. In an exemplary embodiment, the member address is a 3-bit address in the packet header. The 3-bit address limits the number of participants in a piconet to eight. If a particular embodiment does not permit the packet header to be enlarged to include a wider address field, then a larger number of participants could be allowed by implementing a further addressing scheme in the payload of the packet.

The link between units uses a Time Division Duplex (TDD) scheme in which a radio transceiver alternately transmits and receives. A TDD frame consists of a transmit slot and a receive slot. The messages to be transmitted are divided into packets. Each TX and RX slot can contain at most one TX packet and one RX packet, respectively. Consecutive slots use different hops as defined by the virtual channel. The virtual channel provides a synchronous link: units that share the same virtual channel hop in synchrony and strictly adhere to the TDD timing. However, a slot does not have to be occupied. If there is no data to be sent, two connected units can hop in synchrony without exchanging packets. Although the service provided by this link is by its nature connection-oriented, each packet contains the link address corresponding to the virtual channel. The channel is not contention-free. Rather, different virtual channels may occasionally use the same hop. Consequently, a recipient needs to examine the received link address in order to

identify whether the received packet is really his, or whether the packet is associated with another virtual channel that, by accident, landed on the same receive hop as the one for the recipient's virtual channel. The usage of the link address is quite important because bursty traffic may result in empty slots that may accidentally be filled by other links, and because near-far situations may occur in which an interfering packet completely wipes out the intended packet.

Voice transmission is not a problem in this system because a synchronous link is provided. If voice is part of the information stream, a voice packet will be transmitted every TDD frame. Occasional collisions may be overcome by recovery techniques at the recipient, or alternatively they may be ignored. The latter requires that robust voice coding techniques like Continuous Variable Slope Delta (CVSD) modulation be applied.

An Automatic Retransmission Query (ARQ) scheme is applied in which the success or failure of a packet in the TDD frame is directly informed in the succeeding TDD frame. In this way, minimal spectrum is wasted in the ARQ Protocol: only failed packets are retransmitted. In addition, both latency and overhead are minimized (in the exemplary embodiment, the ARQ scheme only requires two bits in the packet header). The implementation of the ARQ scheme can be done directly in hardware and is preferably located very close to the physical layer in the communications protocol.

The star topology and polling access scheme of the present invention are a consequence of the piconet definition and the strict timing synchronization in the virtual channel. If two slaves need to communicate directly with one another, an additional piconet is then created over which the original master has no direct control. One of the slaves shifts its TDD framing by half a frame. This slave cannot hear the master anymore (it acts like a master of the new piconet), and neither can the original master hear the slave. Although for a piconet, a single (virtual) channel approach is used, distributed control is not possible because of the strict timing synchronization applied.

To be able to connect to a unit, it is essential that its address be known. In conventional LANs (including conventional wireless LANs), these addresses are usually known to all participants of the LAN. Because all units are already connected with each other, the units can simply establish links by using the proper addresses when sending a message. No connection needs to be established. The unit that recognizes its address simply takes the message, while all other units discard the message.

Because the scatter network is established on an ad hoc basis, the units do not have prior knowledge of all addresses of neighboring units. To solve this problem, and in accordance with another aspect of the invention, an inquiry procedure is provided that enables units to learn of the addresses of nearby units. The inquiry procedure is very similar to the page procedure. Instead of a page message, an inquiry message is transmitted with a high repetition rate in different hops. In the exemplary embodiment, the inquiry message is a 64-bit code ordering the recipient to reveal its unit parameters. Like the address, the inquiry code determines, for example, 32 different inquiry hops and an inquiry hop sequence. Units that receive an inquiry message respond with a single packet including the recipient's address, the recipient's system clock, and its class of service (e.g., whether the unit is a printer, a laptop computer, a base station, and the like). Units may randomly choose a return hop in the inquiry hop sequence to avoid collisions. The inquiring unit collects all responses, and makes a list of

codes and clock offsets of the units that are within range. The information can then later be used when a connection is desired. Since units are moving, the inquiry procedure may be repeated periodically so that the list can be updated when necessary.

The above-described process enables a unit to collect all of the information necessary for it to establish a piconet with units that are within range. However, in some instances a unit may want to connect to a unit that is out of range (i.e., too far away for direct radio communication to take place between the units). In accordance with another aspect of the invention, this problem is solved by utilizing an intermediate unit that is within range of both the source unit and the destination unit. In one embodiment, the intermediate unit acts like a master in a point-to-multipoint configuration, and relays information between the two units that cannot connect directly. This embodiment is illustrated in FIG. 6a, in which two units A and B are out of range. A third unit, unit C, is in range of both units A and B, and is used as a master. Units A and B are slaves in this single piconet 601.

In an alternative embodiment, illustrated in FIG. 6b, the intermediate unit that is within range of the two other units acts as a bridge between the source and destination units. A bridge unit is a more complicated unit that is able to connect to two piconets. As illustrated in FIG. 6b, units A and B, which are out of range with respect to one another, participate in different piconets 603 and 605. The bridge unit C participates in each of these piconets 603 and 605. Because the two piconets 603 and 605 are uncoordinated, the bridge unit C essentially comprises two transceiver units, each participating in a different one of the piconet 603 and 605. Within the bridge unit C, information is transferred back and forth between the two transceivers. Because the bridge C uses two virtual channels (two piconets) instead of one, it provides a higher throughput between the units A and B than the point-to-multipoint configuration of FIG. 6a.

In order to permit bridge configurations to be established in a system, a more extensive inquiry process is needed to enable each unit to learn the addresses of not only those units that are within range, but also the addresses of those out-of-range units that are within range of accessible bridge units. This more extensive inquiry process will be described in greater detail below. For the moment, though, it is further noted that if a connection is required to a unit that is out of range, the source unit first establishes a connection to the master or bridge unit that is in range of the source unit. Once a connection is established, the source unit orders the master or bridge to make a further connection to the next bridge or to the final destination. Once a master or bridge unit has made the two connections, it merely relays all incoming user information. Control information, however, is dealt with separately.

The use of intermediate units to set up connections depends of course on the geographical distances and the range of a single unit. The range of the unit's radio may be limited because this results in a cost-effective implementation and low power consumption. Higher power levels would result in an increased range and would simplify connectivity in the wireless LAN. However, it should be noted that power levels also affect the capacity of the system as a whole. When low power levels are utilized, the limited range means that piconets that are separated by a sufficient geographical distance will not interfere with each other at all because the interference power will be lower than the receiver sensitivity level.

Returning now to the inquiry process by which units learn of the addresses of other units with which they can

15

communicate, two problems are presented if bridge unit capability is to be supported:

- 1) If the destination is out of range, how can a source unit know of its existence?
- 2) How is the address of the destination unit obtained if this cannot be obtained as a direct result of the source unit's inquiry process?

To solve both problems, the amount of information exchanged during an inquiry is increased beyond that which was described above. That is, in addition to a unit's own address and its class of service, a unit receiving an inquiry message also provides the inquiring unit with all addresses and classes of service of the units the inquired unit can reach. This information will have been collected in the inquired unit in a previous inquiry procedure carried out by the inquired unit. In this way, not only are the units in range of the inquiring unit determined, but also the units in range of these inquired units are determined. The source unit can then connect to a destination unit that is out of range via intermediate bridge units whose addresses can be derived. This procedure can be repeated, in that an inquired unit not only provides its own address list, but also the address lists it received from other units which they obtained during their own inquiry sessions. In this way, a unit can collect all lists identifying all units in the area that have the possibility of connecting to each other, either directly or indirectly (e.g., via bridge units). From the lists, the source unit can classify the units according to "connectivity" rings. The units belonging to the first connectivity ring can be reached directly by the source unit. Units belonging to the second connectivity ring can only be reached by the considered units via a bridge (or other intermediary) unit in the first connectivity ring. Units in the third connectivity ring can only be reached by applying two bridge units, one in the first connectivity ring, and one in the second connectivity ring (which is in the first connectivity ring of the first bridge unit).

To connect to a destination unit, a source unit investigates the address lists with connectivity rings, and uses a tree tracking algorithm to determine which units will be used as bridge units. A connection to the destination is then established by subsequently making a connection first from the source unit to the first bridge unit, then from the first bridge unit to the second bridge unit, and so on, until the last bridge unit connects to the destination unit.

The inquiry procedure will now be illustrated in connection with the exemplary configuration shown in FIG. 7. The peer units 1, . . . , 10 are shown in a local area. Each unit is indicated by a node and number. Potential connections can be established between certain units, as shown by the dashed lines. It can be seen in this example that not all units can directly reach each other, for example, unit 9 is in the coverage area of, and can therefore connect to, units 2, 8 and 10, but cannot reach the other units 1, 3, 4, 5, 6 and 7. This may be caused by additional propagation losses (radio shadowing) or other conditions that block a possible radio connection.

When broadcasting an inquiry, unit 9 will get a response from units 2, 8 and 10, which will reveal their addresses and classes of service. The "first-order" address list in unit 9 is thus {2, 8, 10}. These are the addresses of the units in the first connectivity ring of unit 9. (Of course, unit 9 also retains lists of other information, such as classes of service, in connection with the nearby units. For the sake of simplicity, all of this information will henceforth be referred to generally as addresses.) In addition to their own address, each unit 2, 8, and 10 gives unit 9 its respective first-order

16

address list. These lists will, of course, include the address of unit 9 if unit 9 has been in the local area long enough to have received and responded to an inquiry from these other units. For example, unit 2 will give its first-order address list including 1, 3, 6, 7 and 9. With the address list received from units 2, 8 and 10, unit 9 can generate a second-order address list that includes all units in the first-order lists from the other units, not covered in the first-order address list of unit 9 and excluding unit 9 itself.

Comparing unit 2's first-order address list {1, 3, 6, 7, 9} and unit 9's first-order address list {2, 8, 10}, unit 9's second-order address list will at least include units 1, 3, 6 and 7. By using the first-order address lists of units 8 and 10 as well, the final second-order address list in unit 9 will read {1, 3, 6, 7}. It will be understood that this process can be extended to more remote units, that is, units can also give their second-order address lists to unit 9, which can then be used as the basis for generating a third-order address list, and so on.

This extended inquiry process is illustrated in FIG. 8, in which the i-th order address list of an arbitrary unit j is indicated as L(i,j). In FIG. 8, only the address lists necessary for unit 9 have been considered. Unit 9 has a first-order list of L(1,9)={2, 8, 10}. Units 2, 8 and 10 themselves have first-order lists L(1,2), L(1,8), L(1,10) as shown in the figure. The lists L(1,2), L(1,8), L(1,10) are supplied to unit 9 by the respective units 2, 8 and 10 in response to unit 9's inquiry. From these lists, unit 9 itself can form a second-order list L(2,9) by merging L(1,2), L(1,8) and L(1,10) and removing references to itself as well as references to any other units that are already included in its own first-order list, L(1,9). In this example, this results in the second-order list L(2,9)={1, 3, 6, 7}. The units identified in this list cannot be reached by unit 9 directly, but can be reached by the use of a single bridge unit. Thus, the units listed in L(2,9) form the second connectivity ring as seen from unit 9.

The above-described procedure can be extended still further because units 2, 8 and 10 can also derive their second-order lists (L(2,2), L(2,8) and L(2,10), respectively) and provide these lists to unit 9. After merging and filtering these lists, unit 9 can derive a third-order list L(3,9)={4, 5}. With the lists as shown in FIG. 8, a connectivity tree can be generated that includes the possible connections. The connectivity tree 901 for the exemplary unit 9 is shown in FIG. 9. Each node in the connectivity tree 901 represents a particular one of the units 1, . . . , 10, and a branch represents a possible connection. At the top of the connectivity tree 901 is the considered unit, which in this example is unit 9.

The connectivity tree can also be generated by merely considering all first-order address lists from all units, and following the rule that a higher-numbered connectivity ring cannot include units that have already been encountered in lower-numbered connectivity rings to exclude loops.

The above-described extended inquiry technique and the connectivity tree, such as the exemplary one shown in FIG. 9, enable each source unit to find the shortest route (using the minimum number of bridge units) to the destination unit. However, this technique does not take into account the fact that certain units may not be capable of operating as bridges, or may currently be busy leaving them without the radio resources necessary for relaying information between other units. Because they operate on battery power, it is usually preferable that portable devices not be used as bridge devices. Therefore, the source unit might not be able to use the shortest route. In that case, the above-described techniques provide too little information.

In order to address this problem, an alternative embodiment will now be described that makes use of another tree

17

structure. Referring now to FIG. 10, unit 9 is able to utilize only first-order address lists to create a second connectivity tree 1001. As with the first connectivity tree 901, unit 9 is at the top of the connectivity tree 1001. There are three units that can be connected to unit 9 directly, namely, units 2, 8 and 10. These units 2, 8 and 10 constitute a first connectivity ring 1003. In this discussion, the relationship between a unit and the other units to which it can directly connect will be referred to as a parent-child relationship. Thus, for example, unit 9 is a parent whose children are the units 2, 8 and 10. These children, when considered as parents themselves, each have their own children, and so on.

Each parent knows its children by means of its first-order address list. To set up a connectivity tree such as the second connectivity tree 1001, it is only necessary to know first-order address lists. It is desired to reduce the size of the tree by removing all unnecessary nodes and branches. To accomplish this reduction, the following rules are applied:

- 1) Descendants (e.g., children, grandchildren, great-grandchildren, and so on) of a parent cannot have the same name (i.e., unit address) as that parent;
- 2) Descendants of a child of a parent cannot have the same name as any of the children of that parent; and
- 3) Any child of a parent cannot have the same name as any of the other children of that parent.

The second connectivity tree 1001 is a result of following this rule with respect to the exemplary units depicted in FIG. 7. For example, consider either occurrence of unit 5 in the third connectivity ring 1007. As can be seen from FIG. 7, unit 5's first-order connectivity list, $L(1,5)=\{4, 6\}$. However, if unit 5 were allowed to have a child unit 4 in the fourth connectivity ring 1009, this would violate the second rule, because unit 5, as a child of unit 6, also has a sibling (i.e., another child of unit 6) identified as unit 4.

Also, if unit 5 were allowed to have a child unit 6 in the fourth connectivity ring 1009, this would violate the first rule because this child unit 6 would have a grandparent (in the second connectivity ring 1005) that is also identified as unit 6.

Thus, the tree cannot be extended at any of the nodes representing unit 5 in the third connectivity ring 1007. However, there are also nodes representing unit 5 in the fourth connectivity ring 1009, because their placement did not violate any rules.

The tree is built from first-order connectivity lists and reduced according to the two rules set forth above until no new nodes can be added. At this point, the tree is finished, and all available connectivity information is present in the considered unit.

It will be understood that a second connectivity tree 1001 such as the one depicted in FIG. 10 can be generated in a considered unit (e.g., unit 9) as soon as that unit has received all first-order address lists. To facilitate the collection of this information, a unit that receives an inquiry preferably responds with not only its own first-order address list, but also with the first-order address lists of every other node that it knows about. It will also be understood that each unit can generate a similar tree, with its own unit address at the top.

It can be seen that of the first, second and third connectivity rings 903, 905 and 907 of the first connectivity tree 901 (FIG. 9) is identical to the first, second and third connectivity rings 1003, 1005 and 1007 of the second connectivity tree 1001 (FIG. 10). However, the second connectivity tree 1001 differs from the first connectivity tree 901 in that it has an additional connectivity ring, namely, the fourth connectivity ring 1009. The reason why this fourth connectivity ring 1009 exists in the second connectivity tree

18

1001 (and, therefore, why the second connectivity tree 1001 contains more information than the first connectivity tree 901) is because the reduction criteria that were applied to the second connectivity tree 1001 were not designed to minimize the number of connectivity rings.

As soon as the connectivity tree in a unit is determined, the connectivity is known because, for each unit in the tree, the address is known and the route to reach it is known. In addition, because the class of service for each unit is known, the capabilities of all units are completely known.

To connect to a unit in the tree, the top unit (acting as source unit) can select routes downwards in order to connect to the destination unit. Different routes can exist. For example, suppose that in the example of FIG. 7, unit 9 wants to connect to unit 6. Referring now to FIG. 11, it can be seen from the second connectivity tree 1001 that there are three different routes that may be followed: a first route 1101, a second route 1103 and a third route 1105. The route selection procedure can be based on any combination of the following factors:

the number of bridge units that have to be used for each of the routes 1101, 1103 and 1105;

whether, for each possible route 1101, 1103 and 1105, the intermediate nodes have the capability of functioning as a bridge units (i.e., whether the intermediate nodes have the capability of relaying the information to be exchanged back and forth and an adequate power supply for doing so);

whether, for each possible route 1101, 1103 and 1105, all bridge units within the route can provide the data rates desired for the connection between the source and destination unit;

whether, for each possible route 1101, 1103 and 1105, each of the bridge units currently has radio resources available to support the relay function;

for each possible route 1101, 1103 and 1105, the number of branches leaving the bridge units. The more branches from a branch unit, the more interference the bridge unit can cause to other units. Conversely, the fewer branches there are from a bridge unit, the better because it will be less interfered by and will produce less interference to other units.

The first condition (i.e., a consideration of the number of bridge units in a given route) can be illustrated when comparing the first, second and third routes 1101, 1103 and 1105. The first route 1101 (i.e., $9 \rightarrow 2 \rightarrow 6$) and the second route 1103 (i.e., $9 \rightarrow 8 \rightarrow 6$) would each require one bridge unit, whereas the third route 1105 (i.e., $9 \rightarrow 10 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 6$) would require three bridge units. Assuming that each of the bridge units in this example can be used as bridge units with the proper characteristics, then the first and second routes 1101 and 1103 should be preferred because of the fewer number of required bridge nodes. However, if in addition, the number of branches leaving the bridge units is important, then the second route 1103 is preferable to the first route 1101 because bridge unit 8 will produce less interference than bridge unit 2. (This conclusion is reached by considering the fact that four branches leave bridge unit 2 compared to only two branches leaving bridge unit 8.)

If, however, units 2 and 8 are portable units, are busy, or cannot relay information, then the only route left is the third route 1105. Note that this alternative route does not exist in the first connectivity tree 901, which was reduced using the criterion of a minimal number of bridges.

Assuming that the second route 1103 is selected, the connection may be established by unit 9 first connecting to

19

unit 8 with a request for unit 8 to act as a bridge unit and to establish a bridge connection to unit 6. Unit 8 will then establish a connection to unit 6, and then link the two connections to units 6 and 9 to provide the second route 1103 (i.e., 9→8→6).

A self-organized wireless LAN (WLAN) technology has been described. As with the standard WLANS, the inventive self-organized WLAN system can make use of a wired LAN to which the individual wireless units form wireless extensions. The desirability of this approach depends on the particular application. In low-cost applications where no LAN exists yet (e.g., residential applications), the self-organized WLAN's plug-and-play scenario with a complete wireless connectivity may be more advantageous than relying on a wired backbone. Both extended range and capacity can be simply obtained by disposing more bridge units at strategic positions. When the wireless units hit a low target price, this will be a cheaper approach than using a wired backbone. A wired backbone would require a complete extra LAN with all its protocols and hardware. Even if a cheap medium like the power supply lines or TV cables are used, the infrastructure required to run information through this medium would still remain. There will always be a need for a converting unit to bridge between the wired LAN and the wireless LAN domain. This converting bridge unit will probably not be cheaper than a purely wireless bridge provided by two wireless transceivers.

Another issue is the wireless extension to an existing wired LAN. One or several wireless units can act as fixed parts within a WLAN. Each fixed wireless unit can set up a piconet and can then act as a master. (Note that several wireless units can be co-located in the same fixed part.) The protocols for the wireless units will only be valid for the lower-level communications. Any wired LAN protocols to be extended to the portable unit should be handled at higher levels; that is the wireless portion of the LAN should be transparent to them. In addition to connections to the fixed points, the portable wireless units in range can always establish an ad-hoc piconet among themselves. This off-loads the wired LANs and increases capacity because an intermediary (i.e. the fixed part) is not required if a connection can be established directly.

An exemplary system for carrying out the various inventive features will now be described with reference to FIG. 12. Two wireless units are shown: a first unit, designated as a master unit 1201; and a second unit, designated as a slave unit 1203. Each of these units is shown as comprising only those means for carrying out the indicated functions associated with the respective roles of "master" and "slave." It will be recognized, however, that the allocation of roles as exclusively master and exclusively slave is done here merely to facilitate the discussion about the invention, and that the invention encompasses those units that include all of the necessary components for acting as both master and slave. It is further noted that only those components that are directly related to the invention are illustrated. However, those skilled in the art will recognize that each of the master and slave units 1201, 1203 includes additional components, such as transceivers and the like, which are well-known and which are necessary for carrying out the wireless communication aspects of the invention.

Associated with the master unit 1201 is a master address 1205, which is a code that uniquely identifies this unit in the system. The master unit 1201 also includes a master clock 1207.

In order to be able to establish connections, it is necessary for the master unit 1201 to know the addresses of the other

20

units with which a connection can be established. To perform this function, the master unit 1201 includes an inquiry means 1209 that operates as means for sending out inquiry messages as described above. The inquiry means 1209 also collects the responses (address and topology information 1211) and organizes it in accordance with the connectivity tree techniques described above.

The slave unit 1203 is similarly associated with a slave address 1213, and similarly includes a slave clock 1215 which need not be synchronized with the master unit 1201. In order to be able to respond to inquiries from the master unit 1201, the slave unit includes an inquiry response means 1217 whose job is to recognize received inquiries, and to generate and transmit an appropriate response back to the master unit 1201. As indicated earlier, the response may comprise not only the slave address 1213, but also other information such as the slave's class of service, and the slave's present clock reading.

In order to enable the master unit 1201 to establish a connection with the slave unit 1203, it is further provided with a paging means 1219 that sends out a page message as described above. The page message includes the slave address, which information is obtained from the inquiry means 1209. (Of course, if the topology requires that the connection be established through a bridge node (not shown), the page message would include the address of the bridge node. In one embodiment, the page message may also include a request to establish a connection with the slave unit 1203. In an alternative embodiment, the page message serves only to establish a connection with the bridge node. After the bridge node connection is established, the master unit 1201 then issues a request for the bridge to establish a connection with the slave unit 1203.)

When not in use, the slave unit 1203 is preferably in a standby mode. Accordingly, a wake-up means 1221 is provided in the slave unit 1203. The wake-up means 1221 includes a timer 1223 which causes the slave unit 1203 to wake up periodically to determine whether a received page message is intended for this slave unit 1203. An address compare unit 1225 is provided for this purpose. If the slave address 1213 matches the received page address, then response means 1227 within the wake-up means 1221 generates and transmits an appropriate response back to the master unit 1201.

One aspect of the present invention is the fact that both the master unit 1201 and the slave unit 1203 utilize a frequency hopping communication system. As a consequence of this, the slave unit 1203 wakes up in any one of a number of predetermined paging hop frequencies. Because the master unit 1201 does not know exactly in which hop frequency the slave unit 1203 will awaken, it retransmits the page message with a high repetition rate in different hops. It uses the wake-up hops and the wake-hop sequence of the recipient, and tries to reach the recipient by sending the page message at as many different hops as possible. The sequence of wake-up hops is generated by a paging channel generator 1229 within the paging means 1219. A preferred technique for accessing a unit that is in standby mode is more fully described in the above-referenced U.S. patent application Ser. No. 08/771,692, entitled "Access Technique of Channel Hopping Communications System" and filed on Dec. 23, 1996 in the name of Haartsen et al.

Once a connection has been established, the master unit 1201 conveys its master address 1205 and master clock 1207 to the slave unit 1203. The master address 1205 and master clock 1207 are then used to define the virtual frequency hopping channel that will be used in communications

21

between the master unit **1201** and the slave unit **1203**. In the master unit **1201**, master communication means include a channel select unit **1231** that generates the hop frequencies at appropriate times, based on the master address **1205** (which determines the hop sequence) and the master clock **1207** (which determines the phase within the hop sequence).

In the slave unit **1203**, a channel select unit **1235** is similarly included within slave communications means **1233** in order to generate the hop frequencies at appropriate times, based on the master address (which determines the hop sequence) and the master clock **1207**. In a preferred embodiment, it is unnecessary for the slave unit **1203** to reset its slave clock **1215** to match that of the master unit **1201**. Instead, when the master clock **1207** is first received by the slave unit **1203**, the difference between the master clock **1207** and the slave clock **1215** is determined and stored. Then, whenever a current master clock value is needed within the slave unit **1203**, it is calculated based on the stored difference and the current slave clock **1215**.

In order to accommodate the possibility that more than one slave unit **1203** may be connected to the same master unit **1201**, the slave unit **1203** further includes a second address compare unit **1237**. As mentioned earlier, each communication in the piconet includes the address of the intended recipient. Thus, the purpose of the second address compare unit **1237** is to compare a received destination address with the slave unit's own slave address **1213** to determine whether it is the intended recipient of a received communication.

The invention has been described with reference to a particular embodiment. However, it will be readily apparent to those skilled in the art that it is possible to embody the invention in specific forms other than those of the preferred embodiment described above. This may be done without departing from the spirit of the invention. The preferred embodiment is merely illustrative and should not be considered restrictive in any way. The scope of the invention is given by the appended claims, rather than the preceding description, and all variations and equivalents which fall within the range of the claims are intended to be embraced therein.

What is claimed is:

1. A wireless network comprising:

a master unit; and
a slave unit,

wherein the master unit comprises:

means for sending a master address to the slave unit;
means for sending a master clock to the slave unit; and
means for communicating with the slave unit by means of a virtual frequency hopping channel;

wherein the slave unit comprises:

means for receiving the master address from the master unit;
means for receiving the master clock from the master unit; and
means for communicating with the master unit by means of the virtual frequency hopping channel; and

wherein:

a hopping sequence of the virtual frequency hopping channel is a function of the master address, and the master address is a unique unit identifying address; and
a phase of the hopping sequence is a function of the master clock.

2. The wireless network of claim 1, wherein:

the master unit further comprises means for transmitting an inquiry message that solicits a slave address from

22

the slave unit, wherein the slave address is a unique unit identifying address; and

the slave unit further comprises:

means for receiving the inquiry message; and
means, responsive to the inquiry message, for transmitting the slave address to the master unit.

3. The wireless network of claim 2, wherein the master unit further comprises:

means for receiving slave address and topology information from more than one slave unit; and
means for generating a configuration tree from the address and topology information.

4. The wireless network of claim 3, wherein the master unit further includes means for utilizing the configuration tree to determine a route for a connection between the master unit and the slave unit.

5. The wireless network of claim 3, wherein:

the slave address and topology information comprises an own address from each of the more than one slave units and only first order address lists from each of the more than one slave units; and

the means for generating the configuration tree from the address and topology information comprises:

means for generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein the generating means generates each of the connectivity rings in accordance with a rule that a higher-numbered connectivity ring cannot include nodes representing units that are already represented by a node in a lower-numbered connectivity ring.

6. The wireless network of claim 3, wherein:

the slave address and topology information comprises an own address from each of the more than one slave units and only first order address lists from each of the more than one slave units; and

the means for generating the configuration tree from the address and topology information comprises:

means for generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein the generating means generates each of the connectivity rings by considering a present numbered connectivity ring having parent nodes, and including in a next higher-numbered connectivity ring those nodes representing all children of the parent nodes that satisfy the following rules:
no descendant of a parent can represent the same unit as is represented by the parent;
no descendant of a child of the parent can represent the same unit as any of the children of the parent; and
no child of any parent can have the same name as any other child of said any parent.

7. A method for generating a connectivity tree for use in determining a connection route between a first wireless unit and any of a number of other wireless units, the method comprising the steps of:

in the first wireless unit, receiving address and topology information from each of the other wireless units, wherein the address and topology information comprises an own address from each of the other wireless units and only first order address lists from each of the other wireless units; and

in the first wireless unit, generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein each of the connectivity rings is generated in accordance with a rule that a higher-

23

numbered connectivity ring cannot include nodes representing units that are already represented by a node in a lower-numbered connectivity ring.

8. A method for generating a connectivity tree for use in determining a connection route between a first wireless unit and any of a number of other wireless units, the method comprising the steps of:

in the first wireless unit, receiving address and topology information from each of the other wireless units, wherein the address and topology information comprises an own address from each of the other wireless units and only first order address lists from each of the other wireless units; and

in the first wireless unit, generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein each of the connectivity rings is generated by considering a present numbered connectivity ring having parent nodes, and including in a next higher-numbered connectivity ring those nodes representing all children of the parent nodes that satisfy the following rules:

no descendant of a parent can represent the same unit as is represented by the parent;
no descendant of a child of the parent can represent the same unit as any of the children of the parent; and
no child of any parent can have the same name as any other child of said any parent.

9. A wireless network having a scatter topology, the wireless network comprising:

a first master unit;
a second master unit;
a first slave unit; and
a second slave unit,

wherein the first master unit comprises:
means for sending a first master address to the first slave unit;
means for sending a first master clock to the first slave unit; and
means for communicating with the first slave unit by means of a first virtual frequency hopping channel;

wherein the first slave unit comprises:
means for receiving the first master address from the first master unit;
means for receiving the first master clock from the first master unit; and
means for communicating with the first master unit by means of the first virtual frequency hopping channel;

wherein the second master unit comprises:
means for sending a second master address to the second slave unit;
means for sending a second master clock to the second slave unit;
means for communicating with the second slave unit by means of a second virtual frequency hopping channel;

wherein the second slave unit comprises:
means for receiving the second master address from the second master unit;
means for receiving the second master clock from the second master unit; and
means for communicating with the second master unit by means of the first virtual frequency hopping channel; and

wherein:
a first hopping sequence of the first virtual frequency hopping channel is a function of the first master

24

address, and the first master address is a unique unit identifying address;

a phase of the first hopping sequence is a function of the first master clock;

a second hopping sequence of the second virtual frequency hopping channel is a function of the second master address;

a phase of the second sequence is a function of the second master clock;

the first master clock is uncoordinated with the second master clock; and

the first virtual frequency hopping channel uses the same radio spectrum as the second virtual frequency hopping channel,

whereby the first virtual frequency hopping channel is different from the second virtual frequency hopping channel, thereby permitting communication between the first master unit and the first slave unit to take place without substantially interfering with communication between the second master unit and the second slave unit.

10. The wireless network of claim 9, wherein:

each of the first and second master units further comprises means for transmitting an inquiry message that solicits a slave address from the first and second slave units; and

each of the first and second slave units further comprises:
means for receiving the inquiry message; and
means, responsive to the inquiry message, for transmitting the slave address to the first and second master units.

11. The wireless network of claim 10, wherein each of the first and second master units further comprises:

means for receiving slave address and topology information from more than one slave unit; and
means for generating a configuration tree from the address and topology information.

12. The wireless network of claim 11, wherein each of the first and second master units further includes means for utilizing the configuration tree to determine a route for a connection between the first and second master unit and the respective first and second slave units.

13. The wireless network of claim 11, wherein:

the slave address and topology information comprises an own address from each of the more than one slave units and only first order address lists from each of the more than one slave units; and

the means for generating the configuration tree from the address and topology information comprises:

means for generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein the generating means generates each of the connectivity rings in accordance with a rule that a higher-numbered connectivity ring cannot include nodes representing units that are already represented by a node in a lower-numbered connectivity ring.

14. The wireless network of claim 11, wherein:

the slave address and topology information comprises an own address from each of the more than one slave units and only first order address lists from each of the more than one slave units; and

the means for generating the configuration tree from the address and topology information comprises:

means for generating n connectivity rings from the first order address lists, wherein n is a positive integer, and wherein the generating means generates each of

25

the connectivity rings by considering a present numbered connectivity ring having parent nodes, and including in a next higher-numbered connectivity ring those nodes representing all children of the parent nodes that satisfy the following rules:

no descendant of a parent can represent the same unit as is represented by the parent;

no descendant of a child of the parent can represent the same unit as any of the children of the parent; and

no child of any parent can have the same name as any other child of said any parent.

15. The network of claim 1, wherein the unique unit identifying address is 64 bits long.

16. The network of claim 1, wherein the virtual frequency hopping channel includes 79 hops of 1 MHz width.

17. The network of claim 1, wherein only one packet is transmitted between the master unit and slave unit per frequency hop.

18. The network of claim 1, wherein packets transmitted from the master unit and from the slave unit include the master unit's unique unit identifying address.

19. The network of claim 1, wherein the network further comprises:

another slave unit, wherein the slave unit and the another slave unit can communicate with each other over the frequency hopping channel only through the master unit.

20. The network of claim 19, wherein the slave and the another slave each have a unique unit identifying address and the slave and the another slave is identified in the network by a member address.

21. The network of claim 20, wherein the member address is a three bit address.

22. The network of claim 1, wherein the virtual frequency hopping channel includes a plurality of time division duplex frames, each time division duplex frame consisting of a transmit slot and a receive slot.

23. The network of claim 1, wherein the slave examines each received packet to determine whether the packet includes the master node's unique unit identifying address.

24. The network of claim 1, wherein the network implements an automatic retransmission query (ARQ) scheme for transmitted packets.

26

25. The network of claim 24, wherein the success or failure of a packet in a frame is indicated in a succeeding frame.

26. The network of claim 19, wherein if the slave unit and the another slave unit need to communicate directly with one another, the slave unit and the another slave unit communicate over another virtual frequency hopping sequence, wherein the hop sequence of the another virtual frequency hopping sequence is a function of an address of the slave unit or the another slave unit, and the phase of the hopping sequence is a function of the clock of the slave unit or the another slave unit.

27. The network of claim 1, wherein the slave unit does not reset its clock to correspond to the master clock.

28. A wireless network comprising:

a master unit; and

a slave unit,

wherein the master unit comprises:

means for sending a master address to the slave unit;

means for sending a master clock to the slave unit;

means for communicating with the slave unit by means of a virtual frequency hopping channel;

means for transmitting an inquiry message that solicits the slave address from the slave unit; and

means for transmitting a page message that includes a request to establish a connection with the slave unit;

wherein the slave unit comprises:

means for receiving the master address from the master unit;

means for receiving the master clock from the master unit;

means for communicating with the master unit by means of the virtual frequency hopping channel;

means for receiving the inquiry message;

means, responsive to the inquiry message, for transmitting the slave address to the master unit; and

wherein:

a hopping sequence of the virtual frequency hopping channel is a function of the master address; and

a phase of the hopping sequence is a function of the master clock.

* * * * *